最終報告書

令和3年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費

（ルール形成戦略に係る調査研究（無線通信技術の本格活用を通じたフレキシブルでスマートな製造現場の実現を可能とする国際的な市場の創設に関する調査））

株式会社野村総合研究所
コンサルティング事業本部

令和4年2月

はじめに

本調査では、 5Gを始めとした無線通信技術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研究開発要素、その普及に向けたルールのあり方、それらによる市場創出と競争力強化に不可欠なIT層の整備のあり方に関するグランドデザインの作成に資する基盤調査を行った。

係る調査内容から本報告書は次の2つのパートから構成される。なお、「②国内工場におけるMES（製造実行システム）導入動向等調査」は株式会社野村総合研究所から一般財団法人エンジニアリング協会(ENAA)に外部委託を行った。

① 5Gを始めとする無線通信技術の本格活用に係る技術動向調査
② 国内工場におけるMES（製造実行システム）導入動向等調査

①5Gを始めとする無線通信技術の本格活用に係る技術動向調査

議題

- スマート製造に関連する主要な技術トレンド（関連市場の拡大・創出や従来市場にゲームチェンジをもたらすハードウェア・ソフトウェア群の市場動向）
- 特許論文からの示唆
- 市場動向と標準化の動き
- 製造現場における無線通信技術の本格活用によるダイナミックケイパビリティ獲得への戦略・道筋

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

議題

- **スマート製造に関連する主要な技術トレンド（関連市場の拡大・創出や従来市場にゲームチェンジをもたらすハードウェア・ソフトウェア群の市場動向）**
- 特許論文からの示唆
- 市場動向と標準化の動き
- 製造現場における無線通信技術の本格活用によるダイナミックケイパビリティ獲得への戦略・道筋

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

ダイナミックケイパビリティ獲得により戦略の柔軟性を確保することは製造業の経営課題であり、5Gの活用が重要。しかし、ミッシングピースの獲得が求められる。

■製造業の経営環境の不確実性が増大するなか、ダイナミックケイパビリティ獲得に向け5Gによるスマートマニュファクチャリングの実現可能性が高まる

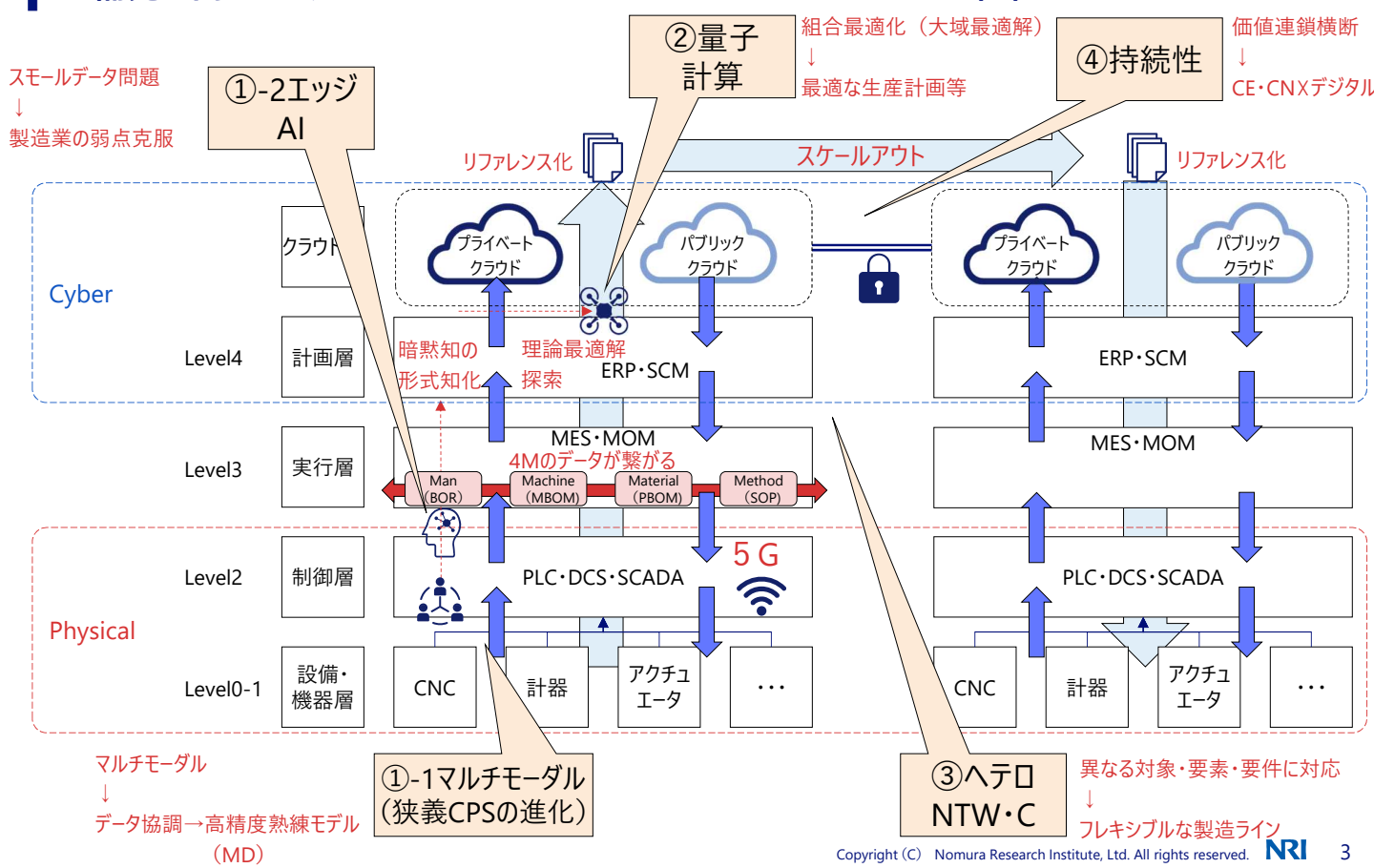
- グローバル化とブロック経済化（米中対立）、サプライチェーン・エンジニアリングチェーンの寸断（パンデミック）など製造業を取り巻く経営環境はますます不確実性が増大（VUCAな経営環境）。
- 5Gはスマートマニュファクチャリングの可能性を加速
  - 「低レイテンシー」が制御のデジタル化（CPSの進化）を加速、「高速大容量」が距離の制約から開放（中央制御による全体最適化）、「多点接続」がデータ駆動型（自律学習によるインテリジェント化）を実現

■しかし、5Gを補完に向けたミッシングピースが存在

- データ協調・センサフュージョンによるインテリジェンスの進化（匠の技の形式知化）に向けた「①-1：マルチモーダル」と製造業の制約（セキュリティとデータ主権、スモールデータ問題に対応するべくエッジでラピッドディプロイしデータ補完等）への対応に向けた「①-2：エッジAI」
- 工場管理の複雑化への対応に向けた「②量子計算」
- 工場をフレキシブル化すべく異なる対象・要件・要素の動的最適化に向けた「③ヘテロネットワーク・コンピューティング」
- CN・CE（投資不適格となるリスク）への対応に向けた「④持続性」

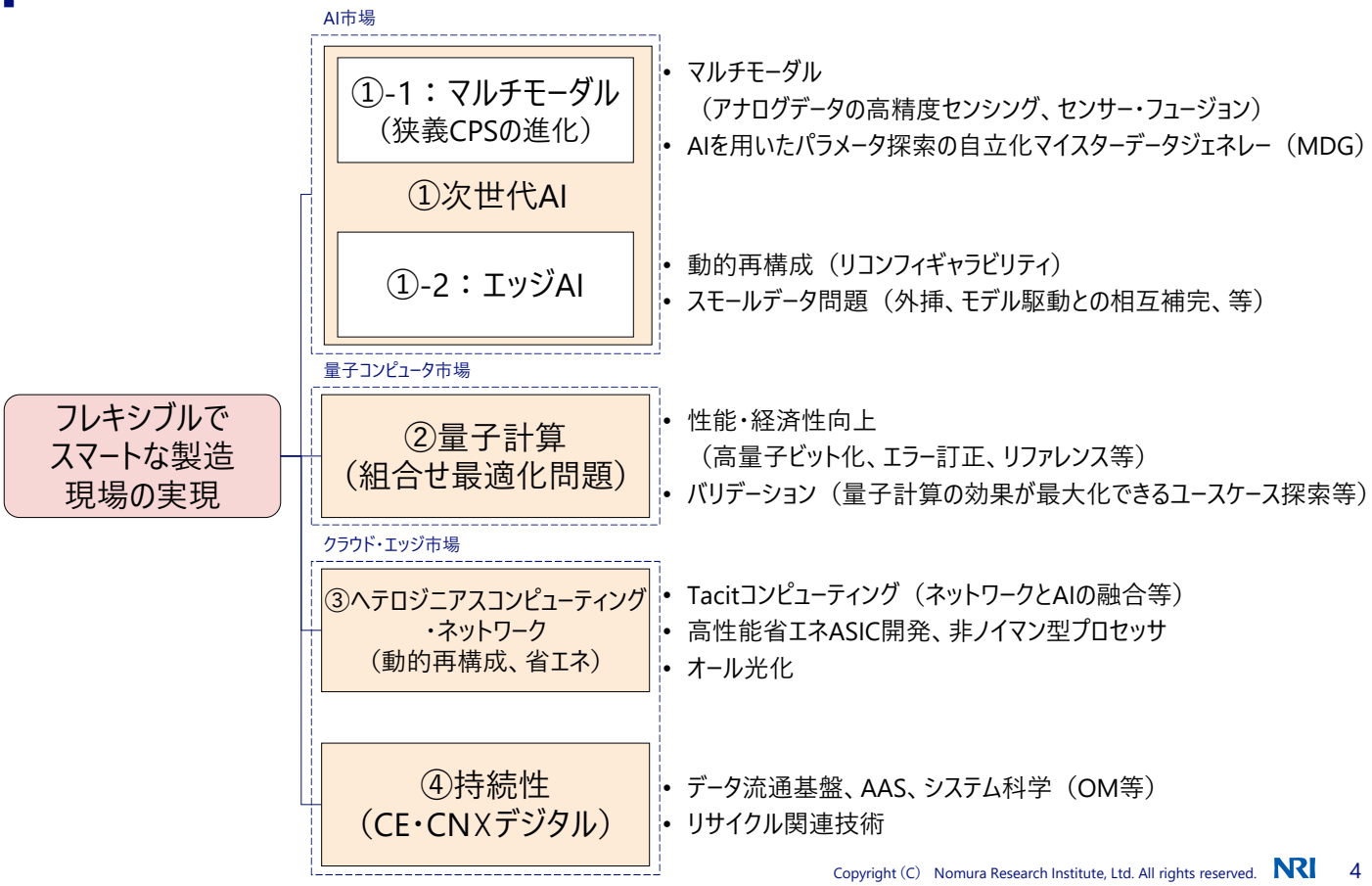
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

5G補完に向けたミッシングピース：スマートマニュファクチャリングでの位置づけ



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

5G補完に向けたミッシングピース：有望な技術開発ドメイン



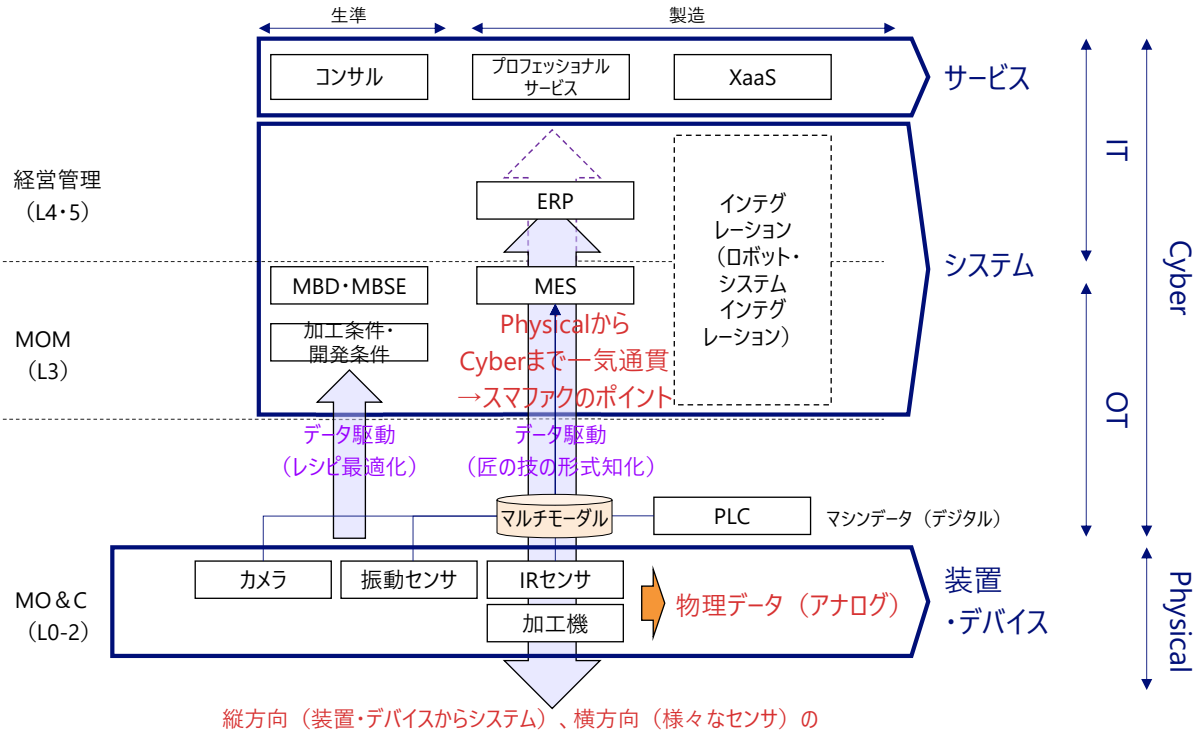
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

①-1マルチモーダル（CPSの進化）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

多様なセンサデータを動的に収集しマルチモーダルに活用するための要素・システム技術が必要

■ 無線通信技術を活用したフレキシブルなCPSの整備により動的に変化する製造プロセス（加工状況の時々刻々の変化等）のデータフィードバックを行うためにはセンサからMES、ERPまでの一気通貫のアーキテクチャ実現が必要



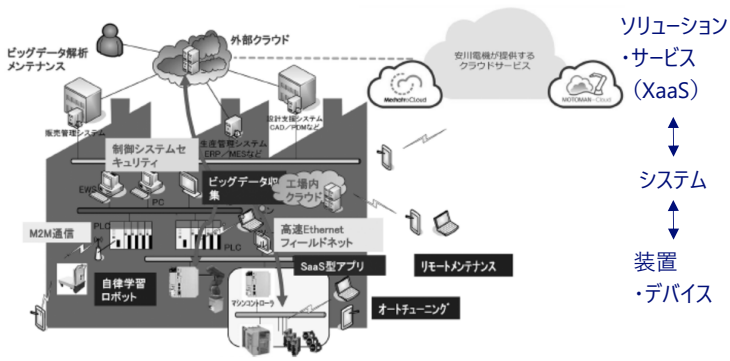
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

マルチモーダルセンシングへの取組み事例

CPSによる加工状態のリアルタイム把握、マルチモーダルセンシングによるデータ駆動の高精度化に向けたイノベーションニーズが重要

■ 顧客への提供価値からバックキャストでの要件（データのバラエティやセンサの機能・性能等）抽出がキーとなる

安川電機のビジネスモデル変革
（データ活用によるサービス・ソリューションの展開）



出所：富田浩治 『安川電機における新生産システム実現への取り組み』 日本ロボット学会誌 Vol.35 No.2

取締執行役員

- 顧客価値はコトであり、コトからのバックキャストのシナリオが重要となる。即ち、コトからなぜそのデバイス（データの発生源へのアクセス）が必要となるのか、必然性を語れることが重要となる。
- コトから入らないためAIの必然性が語れない、トータルソリューションからの自社の価値提供、差別性を語れない、結果実装に辿り着かないといった、よくあるAIベンチャーの失敗例のようにならないよう留意が必要である。

i3-Mechatronicsキーパーソン

- 安川ではロボットの自律化を目指しており、従来はコトのプログラミングのアプローチであったが（モデル駆動、ルールベース）、コトの状態変化のフィードバックからプログラミングを繰り返し自律性を保証するアプローチ（データ駆動）への変革を目指している。
- そのためには状態の変化をリアルに把握するためのマルチモーダルが求められセンサフュージョン、センサーモジュールの実装が必要となる。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

マルチモーダルセンシングへの取組み事例

多様な物理（アナログ）データの最適な組合せ、データマネジメントがキーとなる CyberとPhysicalの界面（そもそもきちんとしたデータを拾えるか）もポイント

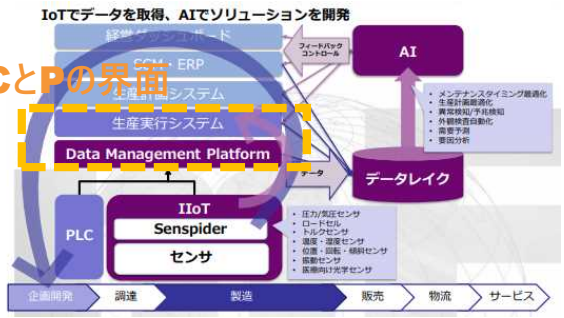
■ Physical（センサ、半導体等）とCyber（DNN等）の双方の知見を組合せ、マルチモーダルデータの処理により学習済みモデルの精度を上げることがキーとなる

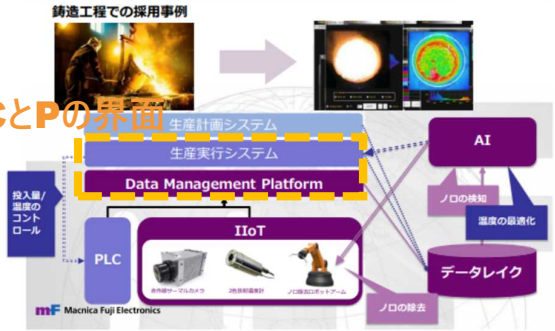
センシング・データ蓄積/解析・フィードバック

- 多様な物理データを簡易、低コストに収集
- データを蓄積し（ドメイン知識化）
- 多次元最適解解析とフィードバック

危険作業の低減と生産性の向上

- 従来鋳造工程で発生する不純物（ノロ）を匠の目視で除去（事故の危険と低生産性）
- センサの組み合わせ（マルチモーダル）とDNN、データマネジメントで解決



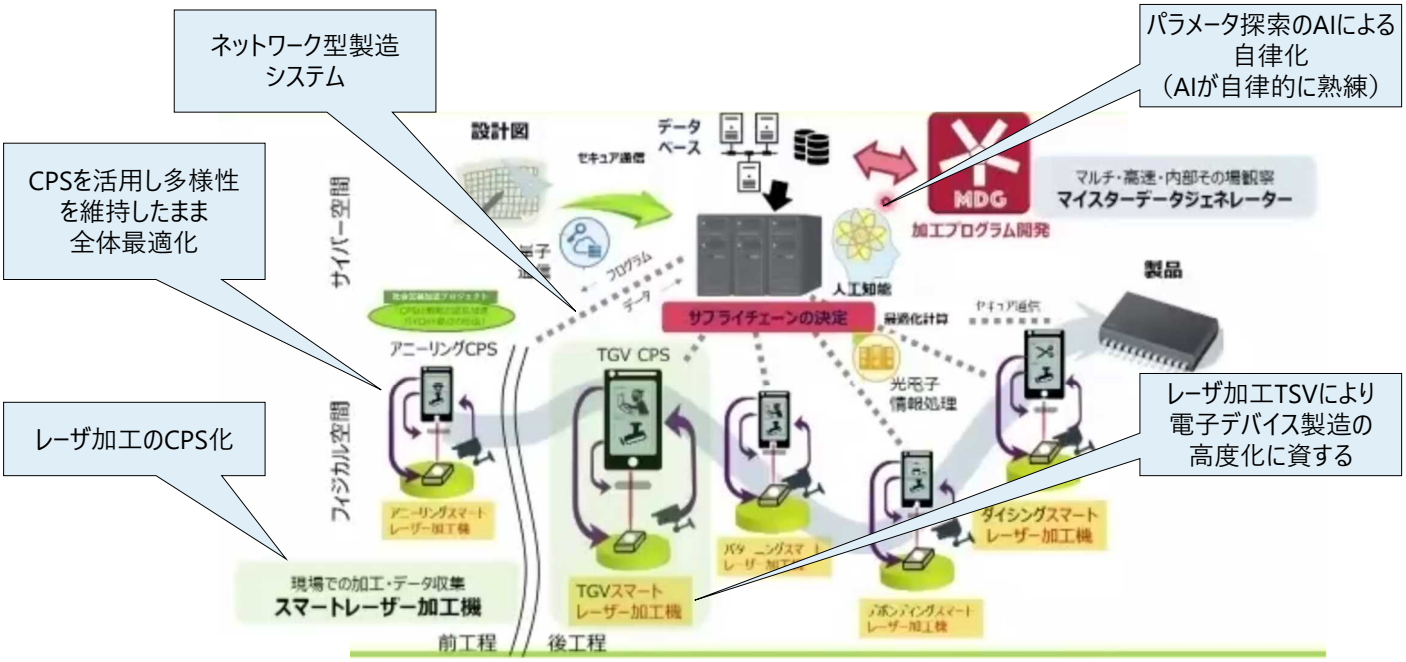


出所：マクニカ・富士エレ ホールディングス株式会社　2021年3月期決算説明会資料

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AIを用いたパラメータ探索の自立化マイスターデータジェネレータ（MDG）に向けた取組が進む

SIP「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」のCPS 型レーザ加工機システムの研究開発



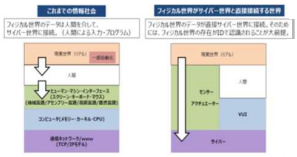
出所：SIPセミナー資料

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

クラウド・エッジ・デバイスのシームレスな全体最適化はメインストリームなトレンドとなっている。

CPSとデータ主権

- デバイス・エッジ・クラウドがシームレスに連携

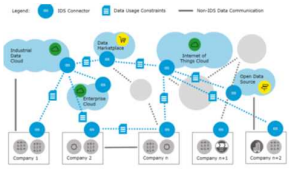


- 人が非介在により相互接続性が重要
- 自動監視によるプライバシー問題、AI出力の解釈問題

→全体最適の重要性

出所：第２６回 産業構造審議会 総会資料より

- データ主権とデータ流通のトレードオフ

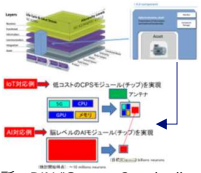


- データ駆動モデルの技術革新によりデータ協調による価値増大
- データ主権確保に向けたデータコントロール

→E2Eでのデータ管理の重要性

出所：IDSA “REFERENCE ARCHITECTURE MODEL”

- リファレンスモデルとワンチップ化によるデプロイ



- リファレンスモデル、資産管理シェルでソフト処理
- 5G、AI、QCワンチップ化で実装（プロトコル変換）

→ソフト処理のオールインワンチップ対応の重要性

出所：DIN “German Standardization Roadmap Industrie 4.0”、三菱電機安井氏資料

ダイナミックケイパビリティ

- 不確実性の上昇への対応が経営課題に

- グローバル化と米中対立等その反動により不確実性が上昇
- 例）新型コロナによるサプライチェーン、エンジニアリングチェーンの寸断に対応できた企業は更に成長し、対応できなかった企業は市場退出（自動運転PFの巨額開発投資を継続できるプレイヤと資金繰りにキャッシュが取られグローバル競争からはじき出されるプレイヤ等）

出所：第２６回　産業構造真意議会　総会資料

- ダイナミックケイパビリティの重要性向上

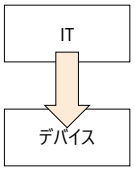
- 従来とは異なるケイパビリティが必要となる
- 企業変革に伴奏できるパートナーが求められる

出所：2020年版ものづくり白書

- その為には、多様なビルディングブロックの提供とその組み合わせに関する知見（複雑性への理解等）が必要となる

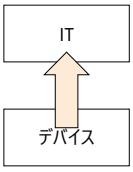
垂直統合モデルの流れ

- ITベンダのデバイス展開



- AIチップ、量子コンピュータチップ、5Gチップの内製化
  Google、Amazon、Microsoft、Apple、Alibaba、Tencent、Baidu、Huawei、富士通、Nokia、Faecbook、Tesla、等
- エッジ、デバイスでのエコシステム強化
  AWS IoT Greengrass、MS＋PTC＋Rockwell Automation、等
- インダストリベンダのデバイス開発取込み
  SiemensのMentor Graphics買収

- デバイスベンダのIT展開



- Intel
  McAfee（セキュリティ）、WindRiver（組込みソフト、MBE）、等
- Broadcom
  Symantec、等

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CPSがユーザ課題の課題解決に資する場面が増大。

	ユーザの課題	CPSによる提供価値
CPSとデータ主権		
システムズエンジニアリング	• CPS化によりシステムの大規模・複雑化、セキュリティ対応の重要性向上	• ワンストップ（All in oneチップ）による顧客調整コスト低減 • リファレンスデザインに基づく全体最適提案 • システムズエンジニアリング視点の提案（ライフタイムコスト、バリデーション効率化・高精度化等）
信頼確保	• セキュリティとデータコントロール確保 • 相互接続性、可用性の確保	• E2Eでのセキュリティ、データ一元管理（ITとOTの接続等）
ダイナミックケイパビリティ		
知の探索と知の深化	• 不確実な状況下での幅広い機会と脅威の感知 • アジャイルな再構成	• デバイスの幅広い顧客基盤と情報網（横） • デバイスからクラウドまでの情報網（縦）
ユーザの変革への伴奏	• コストベースとアウトカムベースのビジネスモデルの組合せ • コストと不確実性の最小化	• モデル駆動の深化（MBE、シミュレーションによるトライアンドエラー拡大とコスト削減） • データ駆動によるレバレッジ（AI、アナリティクスの知見の全社展開）
垂直統合モデルの流れ		
現場へのアクセサビリティ	• 自社の現場は見せたくない • 顧客の現場に入れない	• 組込まれるデバイスの現場へのインサイダー力（裸問題の克服）
ユーザのオープンクローズ対応	• 囲い込まれるリスクの回避 • 豊富なエコシステムへのアクセス	• 多様なビルディングブロックの提供と組合せへの対応（コンフリクトマネジメント力等）

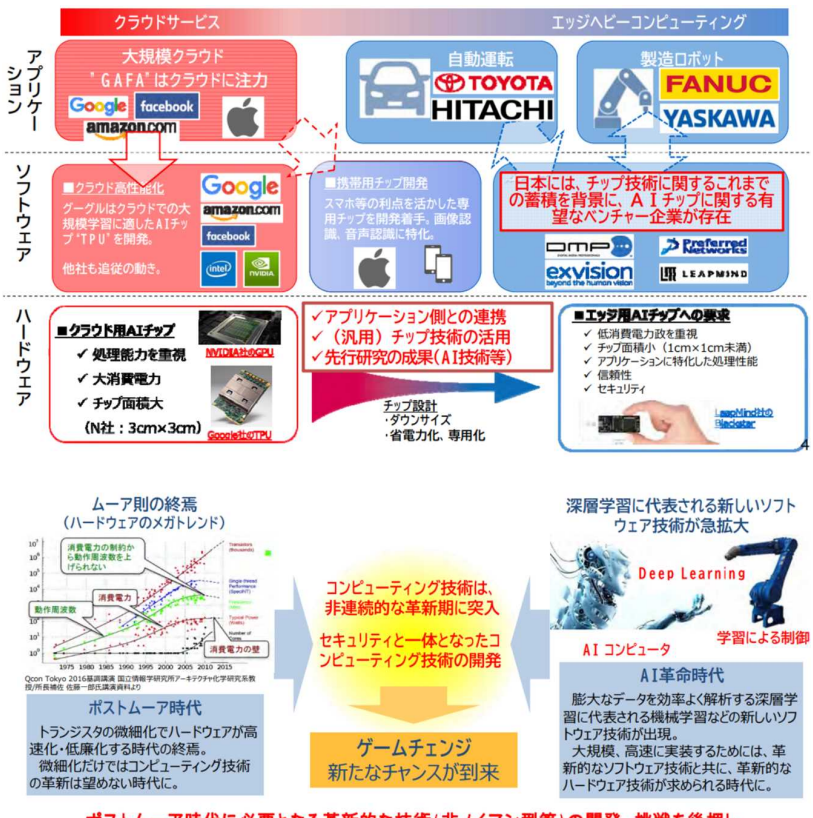
Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

①-2エッジAI

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

エッジAIは製造業のデジタル化に必要不可欠な技術

製造業に求められるエッジ処理	• レイテンシ、セキュリティ等製造業ではクラウドに適さないAI処理が多数存在する。 • ノード側での日本の強み（ロボット等の装置、製造現場の暗黙知等）を活かしたエッジAIの可能性が存在。
技術要件としてのエッジAI	• 消費電力の負荷などクラウド処理による限界が今後ますます課題となる。 • 現状推論が中心のエッジ処理を学習まで拡張することにより クラウド処理の限界を超えることが出来る。



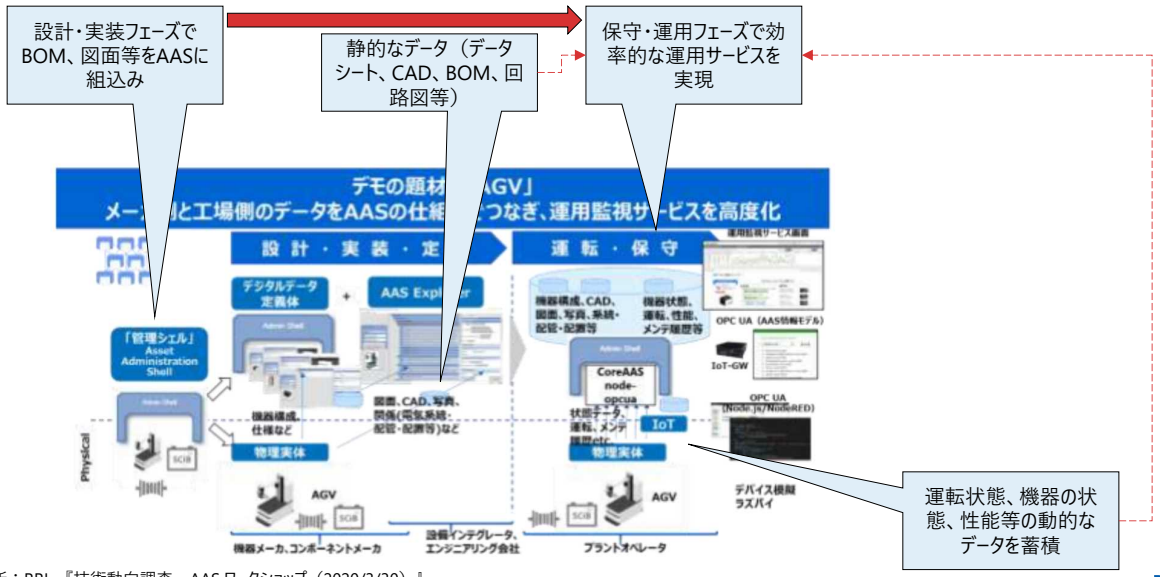
出所：経済産業省 『高効率・高速処理を可能とするAIチップ次世代コンピューティング技術開発事業説明資料』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AASによりMachine to Machineのコミュニケーションなど CPSのデータ連携を実現

■ AAS（Asset Administration Shell：管理シェル）の実装によりリソース間できめ細かなデータのやり取り（アクセス管理等）が可能となりエッジAI処理を効率的に行える

- AASは、アセットをCyber空間に結び付ける役割を有するものであり、標準化された通信インターフェースで、バリューチェーン上の全てのアセットとアセットが互いに通信できるようする機能を有する
  （アセットとはCyberにつなぐ必要のある'もの'全て。物理的なものに加え、ソフトウェア、ドキュメント、各種情報、人間、サービス、その他非物理的なものを含む）



出所：RRI 『技術動向調査　AAS ワークショップ（2020/3/30）』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AAS ヘッダーとボディより構成されている

I4.0 対応の通信により要素が互いに交信する。

AAS とアセットを識別できる情報（ID、識別子）を有し、他の AAS と情報交換を行う外部の通信ネットワークと接続するためのインターフェースを持つ

管理シェル が I4.0要素の仮想部分を形成する。

標準化された共通の基礎サブモデル、業界や企業ごとに作成され流通する自由サブモデルを含む。各サブモデルはさらに属性（Property）とビューを持つ

アセットがI4.0要素の実世界の部分 (physical / non-physical)を形成する。

出所：『技術動向調査AAS ワークショップ（2020/3/30）』 RRI

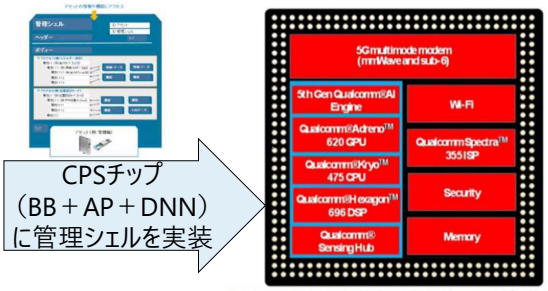
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

入り乱れた垂直統合化の流れ：AIチップを巡る競争激化

管理シェル（AAS）が実装されるのは5G（BB、AP）プロセッサやAI（CPU、GPU、QP）プロセッサが一体化されたエッジAIチップ（リコンフィギャラブルチップ）となる可能性

■CPSを実現するためにマシンツーマシンでの自律的なコミュニケーションを実現するために管理シェル（AAS）を実装。

CPSチップのAll in oneパッケージ化（５G、AI、（量子アニーリング））



出所：https://news.mynavi.jp/article/vlsi2020-7/

All in oneパッケージ化へのTSMCエコシステム

出所：http://www.impact.org.tw/site/userdata/1283/2019%20IMPACT-IAAC%20%20Program%20PDF%20Book_1.pdf

All in oneパッケージへのペンタゴンの積極投資

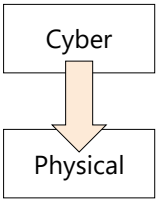
出所：https://www.aviationtoday.com/2020/02/14/pentagon-wants-ramp-investment-5g/

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CPSを巡り垂直統合化の流れが加速。

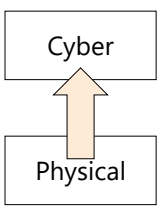
■プラットフォームスーパーパワー（GAFAM等）の下方統合（Cyber→Physical）、シリコンジャイアント（Intel、Broadcom等）の上方統合（Physical→Cyber）が加速。

- 通信・ネットワークに関してはキャリアグレードに展開するMSの通信領域への展開（Affirmed、Metaswichの買収）やチップも含めた垂直統合を進めるNTTグループのIOWN展開（AFN展開）などは注目される



- AIチップ、量子コンピュータチップ、5Gチップの内製化
  GAFAM、BATH、Nokia、Tesla、NTT、富士通、等
- エッジ、デバイスでのエコシステム強化
  AWS IoT Greengrass、MS＋PTC＋Rockwell Automation、等
- インダストリベンダのデバイス開発取込み
  SiemensのMentor Graphics買収

- Physical→Cyber（デバイスベンダのIT展開）

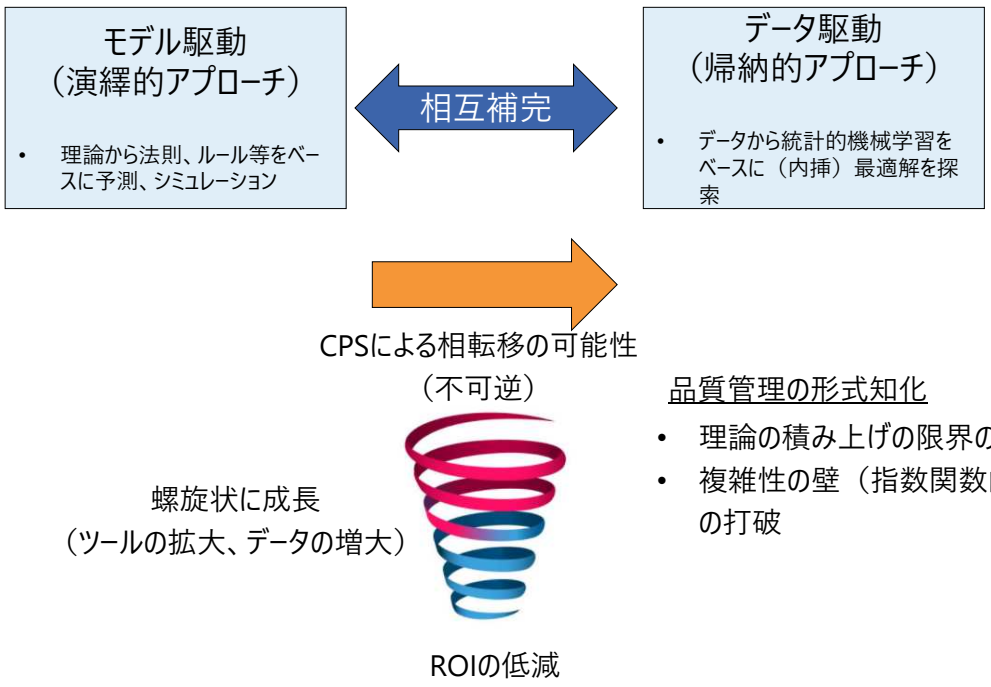


- Intel
  MobileEye、Barefoot、WindRiver（組込みソフト、MBE）、等
- Broadcom
  Symantec、等

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

クラウドAIだけでなくエッジAIを組合せることでモデル駆動とデータ駆動を適材適所で使い分け双方の利用余地が広がる

■モデル駆動とデータ駆動の相互補完。CPSで相転移が起こる可能性が高く、不可逆な変化。

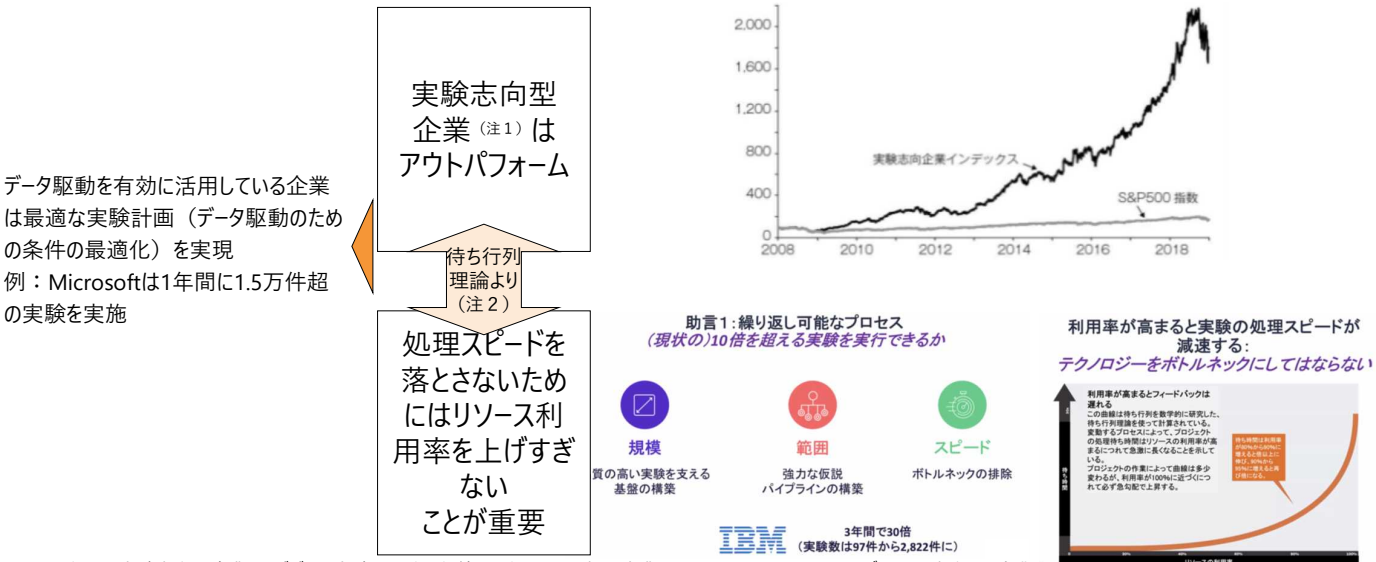


Copyright（C） Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

クラウドAIだけでなくエッジAIを組合せることで現状セキュリティやレイテンシなどの制約で困難な領域までデータ駆動の対象が広がりイノベーションが加速する

■米国ではIT業界を中心にビジネス実験の重要性が向上、製造業への新規参入組がこの流れを加速しつつある
（例：テスラはサービスのリリースサイクルを短縮しラピッドディプロイ）

■クラウドにAI処理が集中すると待ち行列問題が発生するため、エッジAIによりリソース利用率の最適化を図り実験回数をスケール



注１：実験志向型企業とはビジネス実験により仮説・検証を繰り返して新規事業の開発やイノベーションにつなげることを志向する企業を
注２：待ち時間＝ρ/（1-ρ）　ρ：リソース利用率

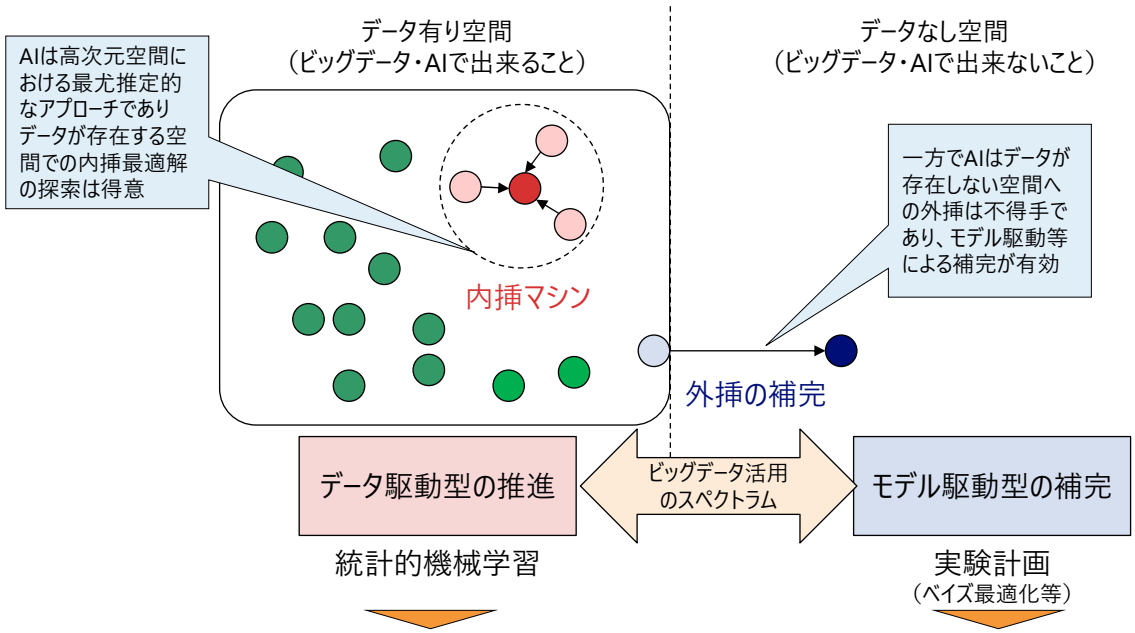
出所：ステファン・H・トムキ 『Experimentation Works　ビジネス実験の驚くべき威力』 日経BP、2021年、同氏プレゼン資料より

Copyright（C） Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

ビッグデータのR&Dへの活用のアプローチには、「データ駆動型の推進（内挿マシン）」から「モデル駆動型の補完（外挿の補完）」までのスペクトラムが存在。

■ビッグデータ、AIなどの統計的機械学習には、外挿は出来ない、可読性がないといった限界が存在。

■これを踏まえつつ（AIで出来ることと出来ないことを理解しつつ）、2 つの活用方法が存在。



例：
レーザ加工の最適な加工条件の探索

⇨ 現行の加工レシピ（データ）を入力に機械学習により最適条件を探索

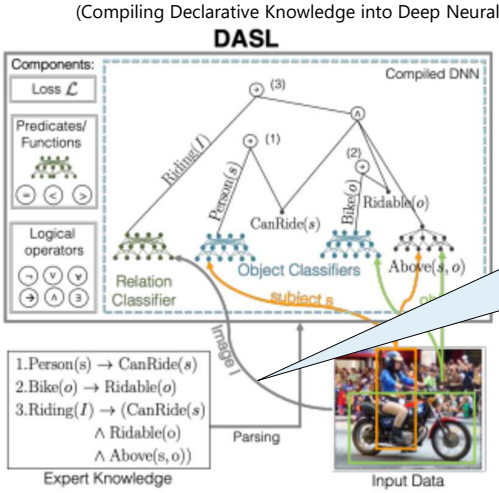
新しい加工条件（異なる素材等）の最適解を実験により発見する（モデル駆動）上で現行の加工条件を使いベイズ最適化により実験での探索範囲を絞る（データ駆動）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

製造業では深刻な「スモールデータ問題」（データの量、多様性等が限定的で学習済みモデルの精度が上がらない等）を解決する技術開発が活発に行われている

SRIのDeep Adaptive Semantic Logic ：DASL

(Compiling Declarative Knowledge into Deep Neural Network)



ユーザが提供したフォーマルナレッジを用いて機械学習を実施
セマンティックを用い真理値に収束させる

- 最小限のデータでトレーニングを行い、人間の知識と試験データからの学習をシームレスに統合
- アプリ例：予兆保全など
- メリット
  - 学習データコストの削減
  - 複数の工場のナレッジを横断してレバレッジ可能
  - 実験による希少事象の検知
  - 出力精度向上のために多様な学習を行うコストの削減、等

出所：arXiv:2003.07344v1 [cs.CV] 16 Mar 2020

統計数理研究所の転移学習によるMI

（外挿による分子設計）

転移学習により物性要件から化学式を外挿

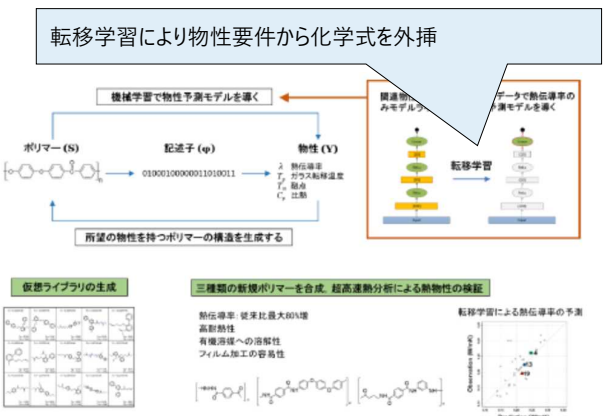


図 1: 三種類の高熱伝導性高分子の発見に至るワークフロー。転移学習を活用した熱伝導率の予測と分子設計の機械学習の技術が問題解決の突破口を切り拓いた。

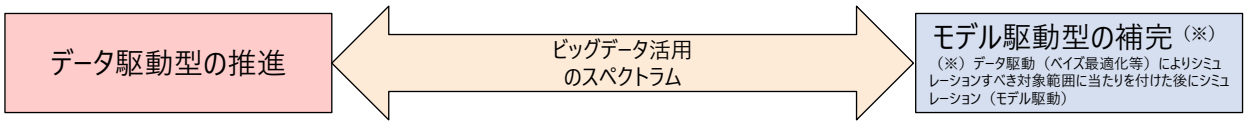
- 少数の物性データから予測モデルを導くために転移学習を駆使し、高熱伝導性高分子を設計・合成 し、従来の高分子に比べて約 80%の熱伝導率の向上に成功
- 「スモールデータ問題」の克服に向けた大きな一歩と位置付けられる

出所：https://www.ism.ac.jp/ura/press/ISM2019-07.html

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

どちらのアプローチも設計・製造プロセスを非連続に変革するポテンシャルが存在。

■ 成功事例が限られているため、どちらのアプローチともに現時点では可能性は未知数。



● 高次元になると内挿点を人間が見つけることが困難（不可能）となるため、人間が気づかない点を見つけることに価値がある。	基本方針（フィロソフィー）	● どこから外挿すれば良いかを見極めるために内挿（どこに隙があるか）を活用することに価値がある。
● データ駆動科学の推進。 • 記述子が不特定（記述子が分からなくても相関関係から間接的に計測）。 • 有限の中から気付きを探索。	アプローチ	● モデル駆動科学の補完。 • 記述子を特定（記述子を明示し因果関係を予測） • 無限の可能性を探求。
● アジャイル化。（効率が高まる、回転率が上がる）	インパクト	● 実験計画の適正化、精度向上。
● プロセス依存性が高い系などには適用限界の可能性（創薬と冶金の違い）。	制約条件	● 試せるプロセス数、時間に限界が存在。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

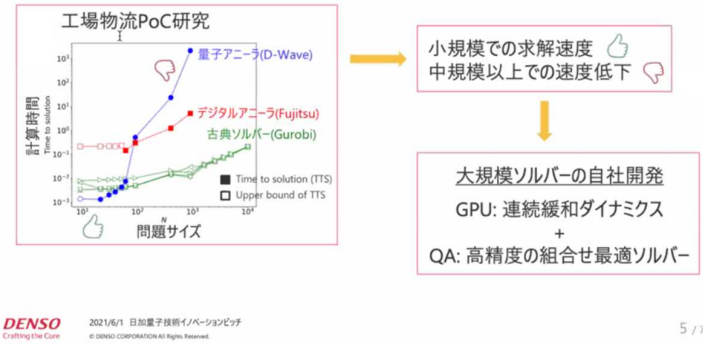
②量子計算

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

無線化により組合せ最適化に向け量子コンピュータも重要な要素技術のひとつ

デンソーの事例

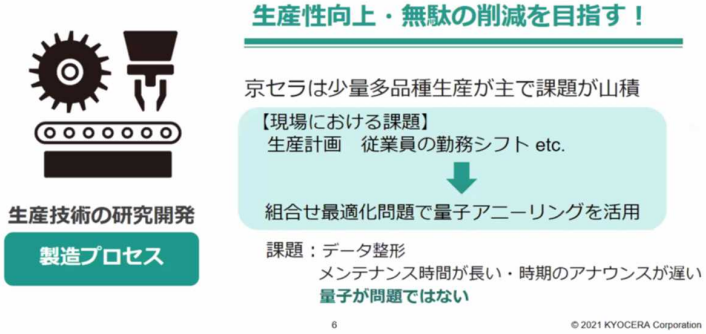
PoC研究からカイゼン（次の研究テーマ）へ



出所：（株）デンソー　門脇正史氏　『量子コンピューティングの産業応用に向けた取り組み』　日加量子技術イノベーション

京セラの事例

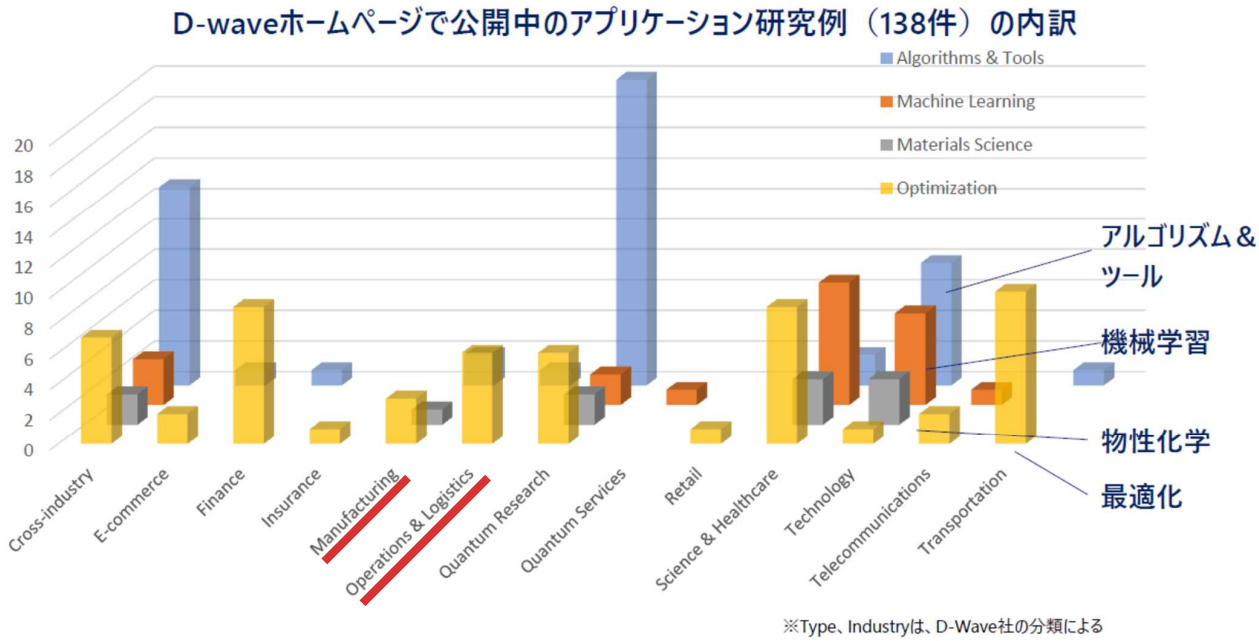
アメーバの最適化に向けた取り組み



出所：京セラ株式会社　増子貴子氏　『量子アニーリング活用事例』　日加量子技術イノベーション

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

量子アニーリングのアプリケーションとして製造、ロジスティクスは一定のまとまり感が存在



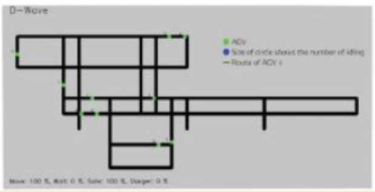
※Type、Industryは、D-Wave社の分類による

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

D-Waveの活用事例でも製造業のアプリケーションは拡大中

DENSO 東北大学 TOHOKU UNIVERSITY

自社工場内の無人搬送車（AGV）の経路移動の効率改善（2018年）

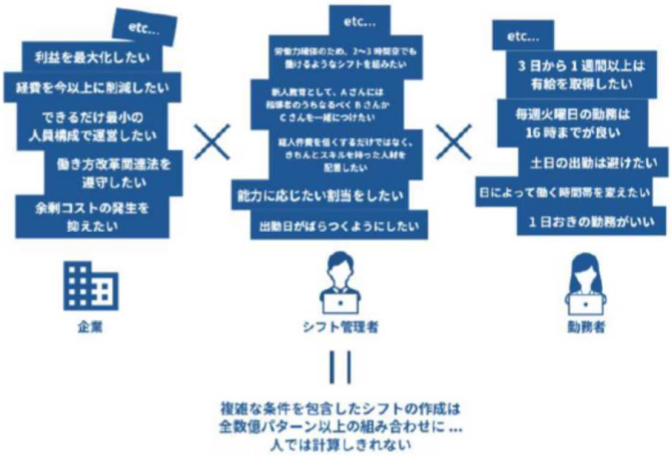


AGVの停止時間を平均15％短縮できた

出所）D-wave Japan https://dwavejapan.com/app/uploads/2019/12/Final_D-Wave_DENSO_case_study_2019_11_22.pdf

kewpie Groovenauts

製造ラインの「シフト最適化」プロジェクト（2020年10月。経産省プロジェクト）



熟練のシフト作成者が30分かけて作成したシフト表と比べて、遜色なく実運用で使える結果をわずか1秒で示すことができた

出所）https://www.magellanic-clouds.com/blocks/2020/10/09/kewpie/?_ga=2.131969871.1354823844.1613189831-1695352336.1611313614

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

製造業のトッププレイヤが積極的に量子コンピュータの活用に向けて取組む

	企業	研究テーマ	研究パートナー
金融	ゴールドマンサックス	デリバティブ計算シミュレーション、ポートフォリオ最適化	QCware
	JPモルガンチェース	金融リスクモデリング、オプションプライシング、量子計算オラクル	IBM、Honeywell
	シティグループ	モンテカルロシミュレーション	IBM
	ウェルスファーゴ	新金融サービスの開発	IBM
	BBVA	ダイナミックポートフォリオ管理/アービトラージ/デリバティブ	CSIC/アクセンチュア/Multiverse/Zapata
	スタンダード・チャータード	ポートフォリオシミュレーション	Space Research Association
	MUFG	資産運用、暗号、リスク計算	IBM
	コモウェルス銀行	ポートフォリオリバランシング	Rigetti
自動車	ダイムラー	製造工程の最適化	IBM、グーグル
	BMW	機械学習を用いた製造管理エンハンスメント	IonQ/EntropicaLabs
	フォルクスワーゲン	フリート最適化	D-Wave
化学	メルク	量子機械学習を用いたサプライチェーン最適化	IonQ/Zapata
	三菱ケミカル	Li-airバッテリィの開発	IBM
	JSR	新素材開発	IBM/Qunasys/CambridgeQauntum、QSimulate
物流	DHL	カーゴパッキングの最適化	IonQ/CambridgeQuantum
	エクソンモービル	海上航行する商船の運航最適化、量子化学シミュレーション	IBM
製造	サムソン電子	半導体物質の分子シミュレーション	IonQ/インペリアルカレッジロンドン
	ボーイング	航空宇宙イノベーションのための高度計算	IBM
	エアバス	航空課題の解決	QCware

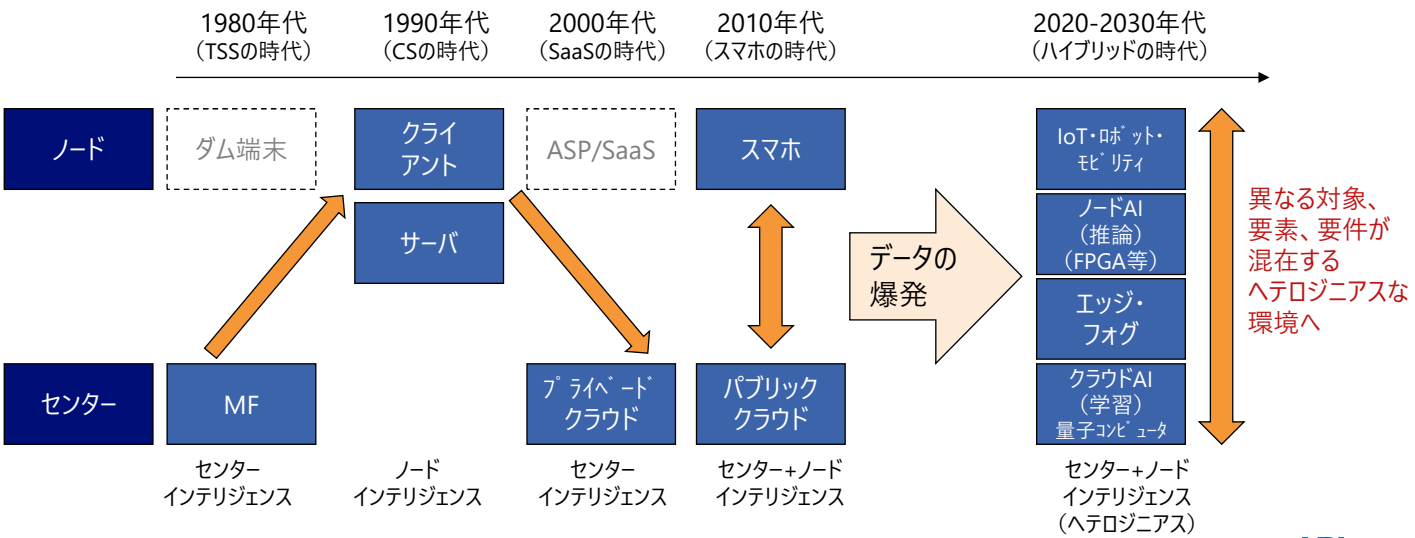
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

③ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

イノベーション（計算能力の上昇、ネットワークの帯域拡大等）により、クラウド、エッジ、デバイスでの最適なリソースアロケーションが可能となった。

- 通信の大域拡大・レイテンシー改善や計算コストの低減により、従来は計算能力をセンターに偏在させるか、ノードに偏在させるかの二者択一であったトレードオフが解消されるとともに、フォグやエッジなどネットワーク上に計算能力を埋め込むことも可能となった。
- これにより、利用シーンにより最適な環境の異種混合（ヘテロジニアス）ネットワークを動的に構成することが可能となるヘテロジニアスネットワークやCPUやGPUなど多様な最適な計算手段を処理に応じて使い分けるヘテロジニアスコンピューティングが能となりつつある。



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワークのアーキテクチャー進化はメインストリームのトレンド

■CPSの発展形態としてネットワーク上にAIが組み込まれ（ネットワーク上へのxPUの融合）、リアルタイムで動的なリコンフィギャラビリティの向上が進むことで、仮想と現実が融合した先にAIのサービスが入っていくと予想される。

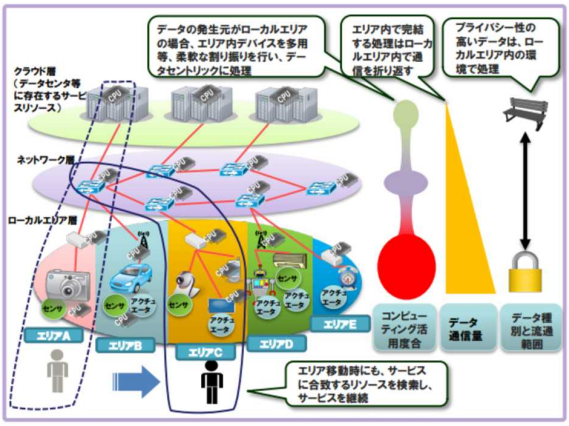
ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク

インテルはCPU、GPU、FPGA、ASIC等の多種多様な計算資源をエッジからクラウドまで最適なかたちで構成するヘテロジニアスコンピューティングの概念を提唱

出所：IFTD18資料より

Tacitコンピューティング

NTTグループはネットワークにつながる多様なリソースからサービス・エリア特性に応じた適材適所のリソースを動的に組合せて活用するTacit Computingの概念を提唱



出所：NTT R&D Forum資料より

注：xPU　CPU、GPU、NPUなどのプロセッサー、リコンフィギャリビリティ　ハードウエア構成等をプログラムによって変更可能な再構成可能性

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

クラウドからエッジ・デバイスまでの全体最適化が必要

■ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワークにより異なる対象・要件・要素を目的に合わせた最適な組合せで構成することが可能となる。

異なる対象

- 人、モノ・インフラ、モビリティなど多種多様な対象を管理することが必要に。

異なる要件

- 低遅延、広帯域など幅広い要件が混在。
- 通信環境に応じてダイナミックに切り替わり通信環境を常に担保することが必須に。

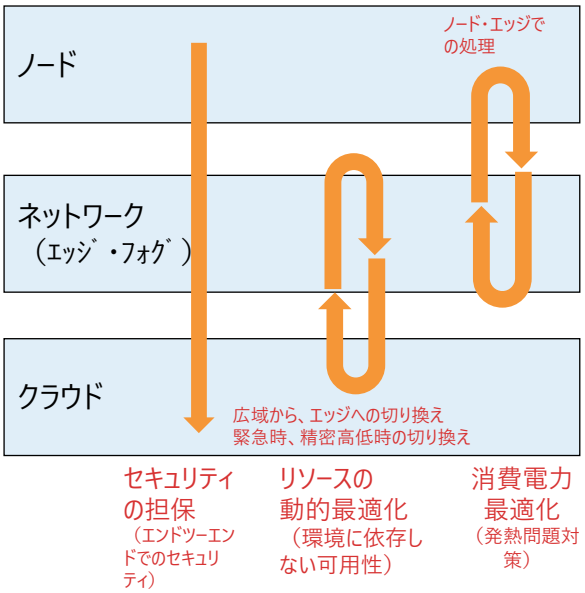
異なる要素

- ノード、センター双方のハイブリッドインテリジェント化。
- DNNの高度化、高速化のニーズ拡大を背景に大規模なデータ処理に向けたクラウド基盤が拡大。
- また、IoT化に伴いデータ量は指数関数的に増大。ネットワーク負荷の軽減や一度処理されなかったデータは永遠に処理されないためエッジ、フォグが必須に。

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

ヘテロ環境の最適化に自律動的な最適制御基盤の重要性が高まる

■ 目的に合わせた最適な組合せを実現するために状況に応じて適材適所のリソースを構成するための最適制御が必要となる。



異なる対象 ⇒ サービスと機器、機器間が自由な関係性で繋がるオープンIoTに向けたアーキテクチャ。

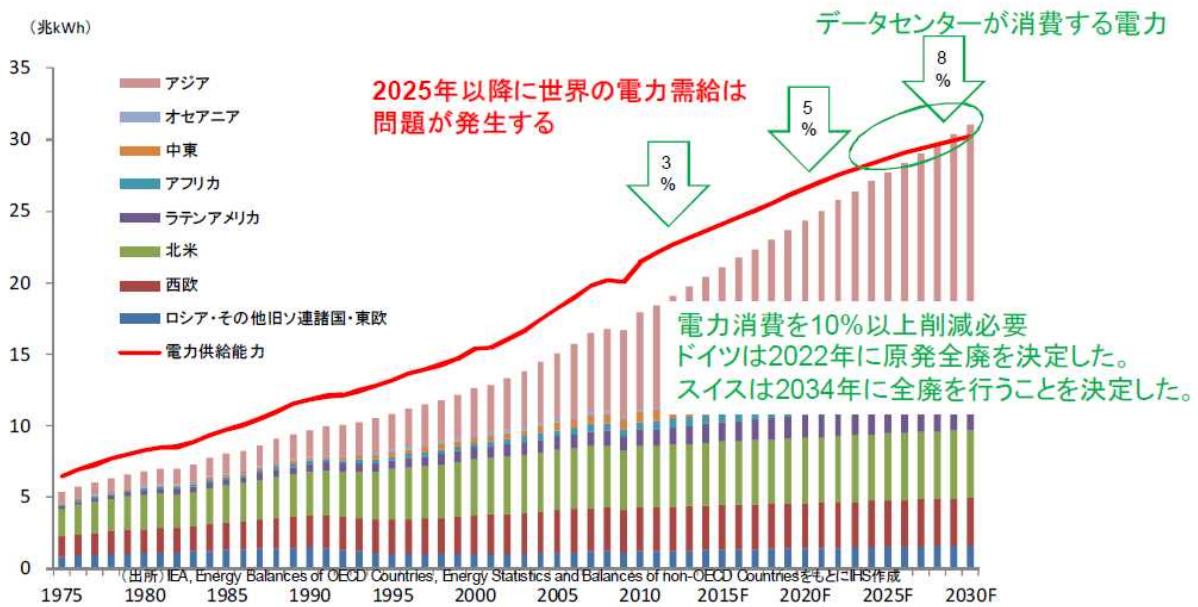
異なる要件 ⇒ ネットワークに繋がる多様な機器から、サービス/エリア特性に応じた適材適所の機器を動的に組み合わせて活用。

異なる要素 ⇒ データセンタ、ネットワーク設備（エッジ、フォグ等）、ウェアラブル等様々な機器を活用し目的と状況に応じて組合せを変えることで機器の利用率、データ通信量、処理の最適化など通信と情報処理を融合。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

参考：ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク化によりエネルギー問題を解消

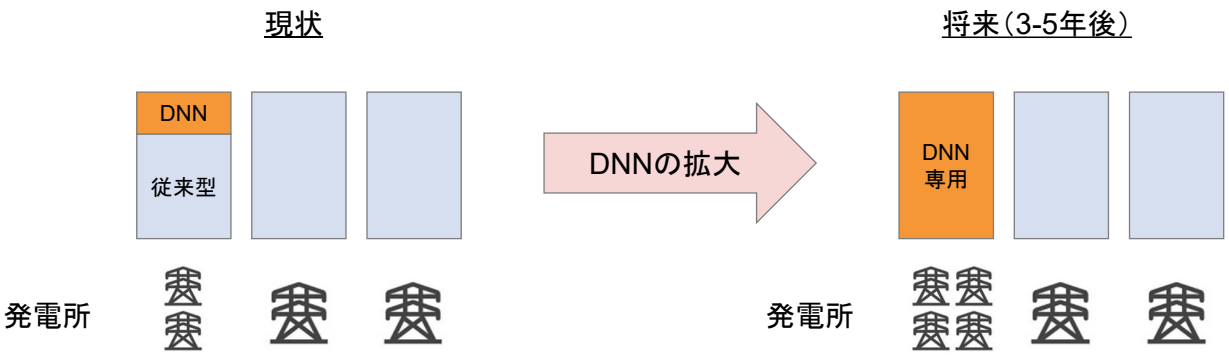
■ クラウドに偏在した処理を分散化することで省エネ化



出所：南川氏「2020年のエレクトロニクス産業を読む~本格回復のカギは何か~」

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

参考：DNN専用ハイエンドデータセンタが3-5年のスパンで登場。電力問題は更に深刻な問題となる



- 現状DNN専用のデータセンタ（以下、DC）は存在しない。従来のDCの想定を超える電源が必要となるため、現状はDNN用のDCにDNNのラックとその他のラックがハイブリッドの構成としている。
- DNN用ハイブリッドDCにおけるDNN比率は電力量ベースで約20%（負荷ベースで約5%）。
  - DNN用ハイブリッドDC：16kVA/ラック（従来型DC：4-6kVA）

- OTTはDNN専用のハイエンドデータセンタを3-5年のスパンで構築する見込み。
- 顧客ごとにカスタマイズされたアルゴリズムを走らすクラウド実装（Amazon EC2 Instance等）が普及。
- DNN用ハイエンドデータセンタは16～64kVA/ラッククラスの電源構成（発電機と一体化したデータセンタ）。データセンタの設計変更が必要となる。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

電力効率が最もクリティカル。DC全体での電力量が重要。

ニーズ	重要度	概要
電力効率	◎	• 電力はDCの最も大きな問題であり、より一層深刻化している。DCが社会インフラとなる中、エネルギーの自立化が求められつつある。 • DNN専用ハイエンドデータセンタ（16-64 k VA/ラック）では従来型DC（4-6 k VA/ラック）の数倍の電力が必要となる。 • 中途半端なデータセンタは最も高コスト。現状は電源も特注。
独自最適性	○	• 今後DNNのロードが増大した場合は、DNN処理の仮想化が必要となる。 • 現状高機能前提の仮想化は行われていない。このため、現状は時間単位で処理分散（仮想環境における時分割多重化）となっている。 • 顧客ごとにカスタマイズされたアルゴリズムを走らすクラウド実装（Amazon EC2 Instance等）が普及することによりプログラマビリティに対するニーズは増加。
可用性	◎	• 耐熱性はDNN専用ハイエンドDCでは課題。
拡張性	○	• スケールアウトのニーズは強い。
パフォーマンス	○	• 単位電力当たりの演算処理（電力効率性）が重要であるとともに、DC全体としての電力量が最もクリティカルとなる。 • （演算処理があがるとパフォーマンスが高い分負荷を掛けてしまうため、全体としての電力量が肥大化するため、更なる電力効率性が求められる）。 • レイテンシー拡大に向けたインメモリコンピューティングの進化（ストレージクラスメモリ等）に対するニーズが存在。
コスト	◎	• 電力コストが最もクリティカル。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

開発LTの短縮、消費電力の低減、コストの最適化に向けたハードウェアの最適構成が課題

- ASICは低消費電力に優れるが開発LTが長く、開発費用も高い。一方でFPGAは開発LTが短く、開発費用も抑えられるがパフォーマンスと消費電力ではASICはが上回る。
- このようななか、ハードウェアのアジャイル開発に向けた研究開発が注目されている。

5G基地局ハードウェアのタイムパフォーマンス

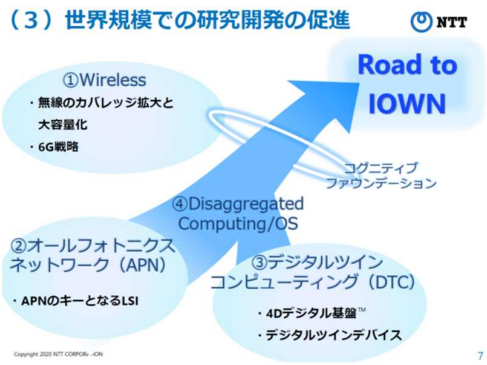
	サーバー	FPGA	ASIC	アジャイル 3D-FPGA	アジャイル 3D-ASIC
開発期間	0	6ヶ月	14ヶ月	1ヶ月	6ヶ月
開発費用	0	10億円	45億円	2億円	15億円
製造費用(10万台)	500億円	200億円	4億円	250億円	5億円
電力	50 W	30 W	6 W	15 W	3 W
容積	3 L	2 L	1 L	1 L	0.5 L
重さ	10 kg	1 kg	0.04 kg	0.5 kg	0.01 kg

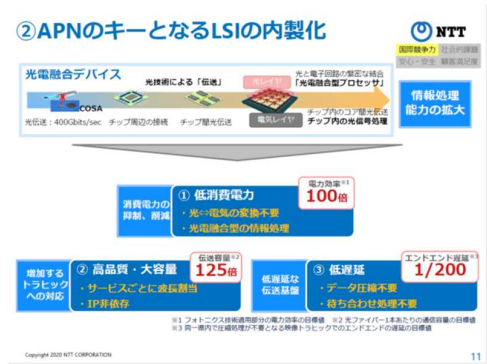
出所：東京大学大学院工学系研究科附属 システムデザイン研究センター（http://www.dlab.t.u-tokyo.ac.jp/message/chapter10.html）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

NTTグループは基盤PF戦略に向けた垂直統合路線の中でデバイス内製化を志向

- グループ事業戦略として中央集権化
  - 国際競争力に貢献していない（GAFAに負けている）ことへの圧力
  - ドコモの完全子会社化、コムの再編、NECへの出資、等
- IOWNによる基盤プラットフォーム戦略
  - オール光ネットワーク、5G・B5GによるCPSの実現（クラウドでは負けたが、エッジ、ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワークで二回戦）
  - フィジカルデータのデータジェネレーション領域へのアクセスは現状優先度が低い（GAFAとまともに戦っても勝てない）
- デバイス内製化志向
  - トラック制からは離脱（ベンダが没落）
- 材料（物性）に関しては予定調和路線を継続
  - Rは引き気味
  - 物性の研究はリソースを増やさない
  - ケイパビリティ転換は意識していない





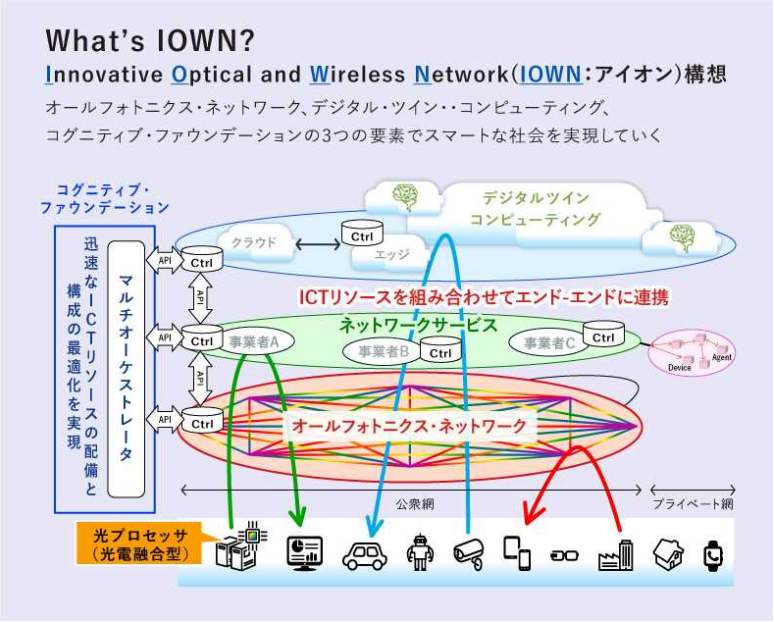
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

キャリアの基本戦略（典型例としてのNTT）

IOWN（AFN、Tacit）と社会インフラで勝ち筋を見つける。

■ NTTはデータ爆発によるデータセンタ、ネットワークへの負荷、消費電力の増大を抑える為、オールフォトニクスネットワーク（AFN）を用いたアーキテクチャを提唱（データセンタ間、ラック間等の光スイッチ、光インターコネクト等の利用）

- 従前からのTacit computing等の研究成果を活用し、クラウドやネットワークサービスに加え、ユーザのICTリソースを含めた配備や構成の最適化、つまり構築・設定および管理・運用を、一元的に実施するコグニティブ・ファウンデーション構想を発表



出所：https://group.ntt/jp/group/projects/iown.html

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

キャリアの基本戦略（典型例としてのNTT）

NTTのIOWNコンソーシアムにはintel、MS、Oracle、nVidia等のスーパーパワーも参画

■ IOWNのによるグローバルフットプリント拡大に対する期待は大きく、5Gによりヘテロジニアスコンピューティング・ネットワークが加速することも期待される。

Founding Members

intel NTT SONY

Sponsor Members

ciena cisco DELL Technologies DELTA ERICSSON FUJITSU FURUKAWA ELECTRIC Hewlett Packard Enterprise KIOXIA Microsoft MITSUBISHI ELECTRIC NEC NICT NOKIA ORACLE orange pwc Red Hat SAMSUNG TOYOTA wistron

General Members

ADVANTEST AGC AIO CORE Anritsu Avago Technologies International Sales Pte. Limited Deloitte. dentsu EXEO Fujikura HITACHI HTK I-PEX IBIDEN Infinera ipinfusion JGC juniper KEYSIGHT KYOSERA MIRAIT muRata net one NVIDIA OKI Peers santec SENKO Shin-Etsu

SUMITOMO ELECTRIC TELEFÓNICA S.A. TOPPAN Toshiba Corporation TOYO INK SC UNICIDEX YAZAKI

Academic and Research Members

CRIEPI cnit ITRI NII PETRA pida AIST

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

④持続性（CE・CN×デジタル）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの位置づけ：サスティナビリティとトラックレコードの強み

サスティナビリティと親和性の高い企業体としてブランディングを強化

- Siemensはサスティナビリティに過去から様々な取組をしてきており、Industrie4.0、GAIA-Xのコアメンバであることから、理念・ビジョン・政策から市場を戦略的に創出する欧州を代表するコングロマリットである。
- Industrie4.0の2030Visionにおいてサーキュラーエコノミーやカーボンニュートラルに向けたCPSの重要性の提言を後押し

出所："Accelerating Sustainability" Capital Market Day,2021

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの位置づけ：サスティナビリティとトラックレコードの強み

参考：Industie4.0の2030Vision

■2030VisionにおいてIndustrie4.0の実装に向けた３つの構成要件を定義。

- Sustainability：サーキュラーエコノミーやカーボンニュートラル
- Interoperability：GAIA-X
- Autonomy：CPSの実現に向けた競争と協調のシステムアーキテクチャ

■欧州は、これにより高い可用性と透明性を担保したデータアクセスによる産業価値創出に向けたグローバルなデジタルエコシステムの構築を狙っており、それによる急激なスケールアウトを実現した場合日本にとっては大きな脅威となる。

出所：BMWi

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの基本戦略：GAIA-X設立メンバ

SiemensはGAIA-XのFounding Membersであり、同PFエコシステム形成により市場拡大を狙う

■ユーザ、ベンダが共に参加し相互に連携する体制となっていることがポイントと言える。

- ユーザ⇒ベンダ：ニーズ・要件の提示→ベンダ→ユーザ⇒技術開発・ソリューションの提示→ユーザ⇒ベンダ：フィードバック→・・・のループを回す

出所：BMWi

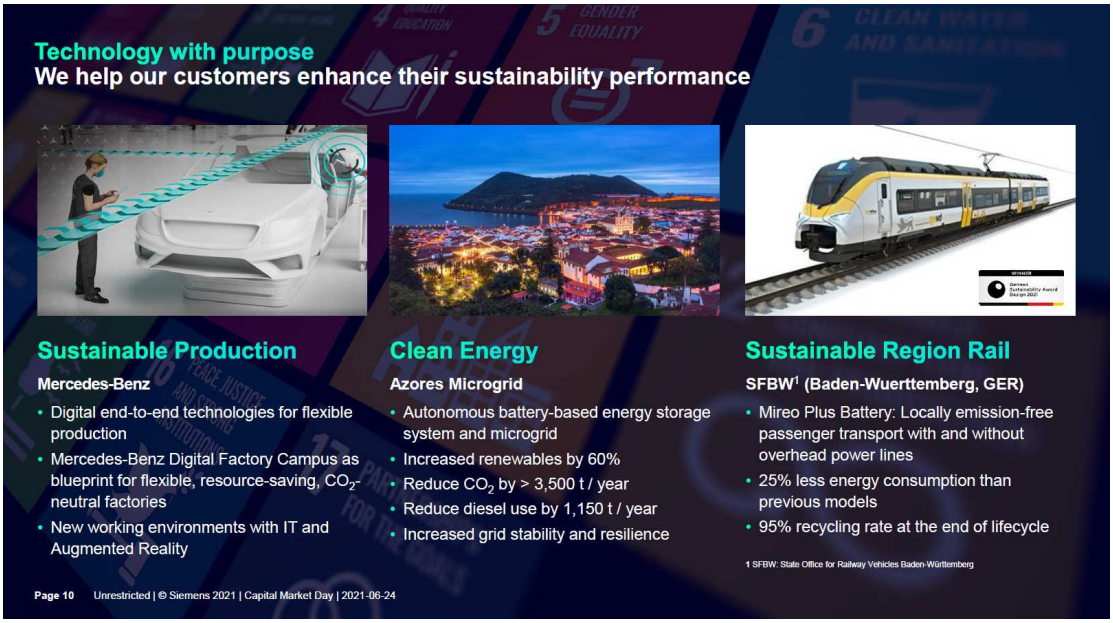
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの位置づけ：サスティナビリティとドメインの強み

社会のサスティナビリティを支える基盤、顧客ビジネスのサスティナビリティを支える基盤を提供するサプライヤとしてのポジショニングの強み

■製造、エネルギー、社会インフラ等にIndustrie4.0のアーキテクチャを横展開。

- Industrie4.0は最早工場だけの話ではない。



出所："Accelerating Sustainability" Capital Market Day,2021

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの基本戦略：サスティナビリティはビジネスのコア

シーメンスはサスティナビリティが将来の事業機会につながるとの基本戦略を有している

■長期戦略に基づき、データによるリソースの最適化、デジタルによるソリューションの民主化、カーボン依存輸送からの脱却など事業機会を刈り取る戦略。

出所："Accelerating Sustainability" Capital Market Day,2021

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの基本戦略：サスティナビリティとデジタルで価値創出

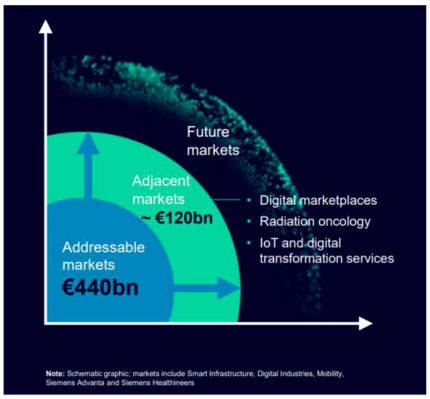
サスティナビリティとデジタル（リアルとデジタル）で高成長を狙う

■シーメンスにおけるCEのビジネスモデル⇒何れもデジタルでスケールアウト

- 製品寿命の延長
- プラットフォームを活用したシェアリングモデル
- リースによるPaaS（ プロダクトアズアサービス）
- 製品・廃棄物の再利用

■これによりTAMを拡大⇒リファレンス化し顧客に基盤提供⇒顧客の成長からリターンを獲得（新興市場の経済植民地化）

注：TAM　Total Accessible(Available) Market



出所：" Siemens –A focused technology company accelerating high value growth" Capital Market Day,2021

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの基本戦略：サスティナビリティとデジタルで価値創出

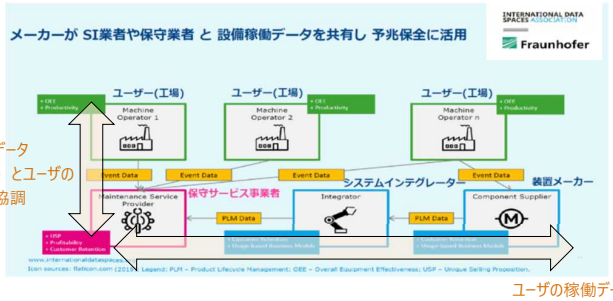
スマート保守はCEのフラッグシップ的なユースケースと位置づけられる

■スマート保守はOEE （Overall Equipment Effectiveness：設備総合効率）の向上を通じて無駄・GHGの削減を実現

■そのためには、CPSにより最適化と変動に対する生産プロセスの動的対応が必須となる

■デジタルやデータ駆動型モデルとも相性がよく、顧客への価値提供、顧客接点の強化（リカリング化）、リファレンス化によるスケールアウトが行いやすいアプリケーションである。

■業界としての標準化が進んでいる（EU、中国、など）。



メーカの装置データ（設計情報）とユーザの稼働データを協調

ユーザの稼働データを協調（データ偏差の拡張等）

CE・CN＝無駄、GHGの削減、

- TCO削減（可用性向上）
- CAPEX削減（長寿命化）
- 燃料効率向上
- …

スマート保守⇒OEE向上

CPS＝大域最適解の探索、ダイナミックケイパビリティ

- 変動を認めた最適化の重要性
- シミュレーションによる最適稼働条件
- 変動に対する生産プロセスの動的対応

⇨ CPSにより多様な企業のマシン稼働データをAIで学習させることによりスマート保守を実現

出所：BMWi

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

参考：スマート保守のプラットフォーム化の動き

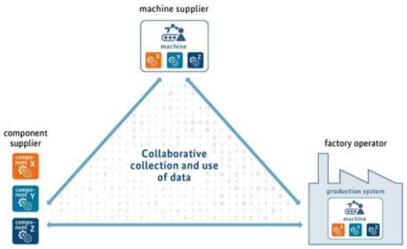
データ連携により協調状況監視（CCM：Collaborative Condition Monitoring）を実現

■予兆診断・保全等は典型的なユースケース、協調状況監視

■生産プロセスの状況の包括的な監視を実現することで、新たな付加価値を創出

- 多様な企業のマシン稼働データをAIで学習させることにより、マシンの製造元が様々な利用状況に応じた最適な稼働条件を把握

協調状態監視の狙い	協調状態監視に向けた課題	データ主権の確保
多様なマシンの稼働データを協調することで最適な稼働条件を発見	• 守秘性の高いマシン稼働データを裸のまま競合他社と共有は出来ない • プロトコル等が必ずしも標準化されていない	• アクセスコントロールを実現する標準化されたセマンティックや方法論の確立が必須 • データアクセスや利用の精密なコントロールを実現することで、オリジナルデータを競争力のある情報に変換することが可能



出所：" Collaborative Condition Monitoring　How cross-company collaboration can generate added value"

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

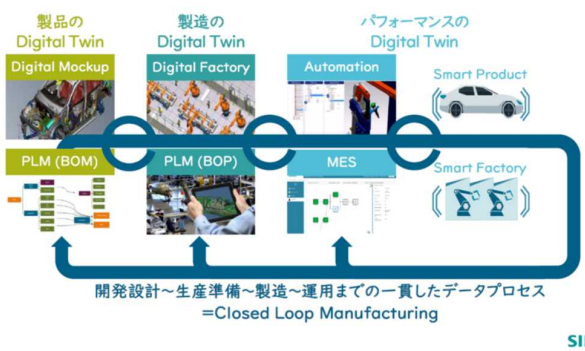
CEの基本戦略：サスティナビリティとデジタルで価値創出

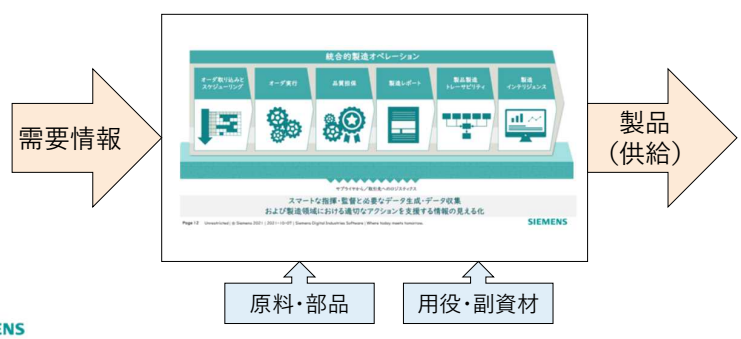
CE、CNはSiemensのシームレスなデジタルソリューションの必然性を謳うマーケティングに活用

■環境負荷を減らし、無駄を削減するためにはスマートマニュファクチャリング（設計・製造・アフター）が必須となる。

- 工場全体が可視化され、さながら空港のように管制塔から統率され、かつ各現場も自律的に働いているスマートな姿を実現することでロス（需要と供給の差分）をなくす

■シーメンスは設計（PLM）・製造（MES）・アフター（SCM）が全てつながることでデジタルツインとクローズドループを実現可能な強みを訴求。





出所：シーメンス資料より作成

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

CEの基本戦略：サスティナビリティとデジタルで価値創出

CN、CEのためのデータ流通基盤の整備に向けた検討が進む

■RRIでは、「データ流通以前にある問題」と「データを流通させる上での問題」の双方について検討。

（参考）脱炭素・資源循環のためのデータ流通管理基盤の要件

～RRI WG1「グローバルデータ流通管理基盤検討サブWG」で要件を抽出～

RRI：ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会

①脱炭素・資源循環に関する国際ルール・標準の策定	②プラットフォームの機能	③ビジネスモデル・運用制度
1. データ流通の国際的なルール 2. 企業活動の評価指標（機関投資家等が利用） 3. 産業データ項目・形式の標準化	1. データ公開範囲・期間の制御 2. データの匿名化・抽象化処理 3. データの共通形式への変換 4. データの真正性の保証 5. データ共有の依頼・承認 6. セキュアな接続認証・認可 7. 利用可能な情報の参照	1. データ提供者が対価を得る仕組み 2. データ提供者への優遇措置 3. 基盤の設計・構築・運用に要する役割・コストのフェアな運用精度

ルール・標準・技術・事業モデル・運用制度 の 体系的な整備が必要

出所：RRI

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

産官学連携の動向

プラスチックリサイクルに向けた骨太プロジェクトが複数立ち上がる

■ドイツでは欧州プラスチック戦略に基づきニーズ強度が強いプラスチックのリサイクル技術の開発を産官学連携により進めている。

アウディ

- 技術的な難易度が高い混合プラスチック部品のリサイクルを実現（既に単一素材であるPETの再生品をシートなどに投入）
- 自社モデルに搭載する二次原料（再生材）部品の割合を拡大

↔ 車載プラスチックのケミカルリサイクリング

KIT（カールスルーエ工科大学）

- プラスチック部品の化学的再生技術を開発
- 経済性と環境への影響を評価

混合プラスチック部品の化学的処理を通して熱分解油を製造し、熱分解油を原料とする部品をアウディ車に投入する目標

出所：https://www.audi-mediacenter.com/en/press-releases/audi-and-kit-are-working-on-recycling-method-for-automotive-plastics-13358

ドイツ人工知能研究所（DFKI）

- センサーや人工知能（AI）を活用して、プラスチックの分類プロセスを簡易化することで、リサイクルを促進し循環経済を推進

↔ プラスチックのリサイクルを容易にするため、製品パスのデジタル化などに関連した技術開発

- センサーを使った分類プロセスを機械学習やデジタル製品パスと組み合わせ
  （高分子化合物が検知され、自動的に分類されるが、複雑な製品に使用されたプラスチックを正確に分類することは難しく、事業者は質やコストの問題からリサイクル品を敬遠する傾向）
- 最終的には、一次プラスチックと同程度の品質を持つ4種類ないしは5種類のグループに分別するのが目標

出所：https://www.elektroniknet.de/automation/industrie-40-iot/ki-filtert-wertvolle-rohstoffe-aus-kunststoff.180293.html

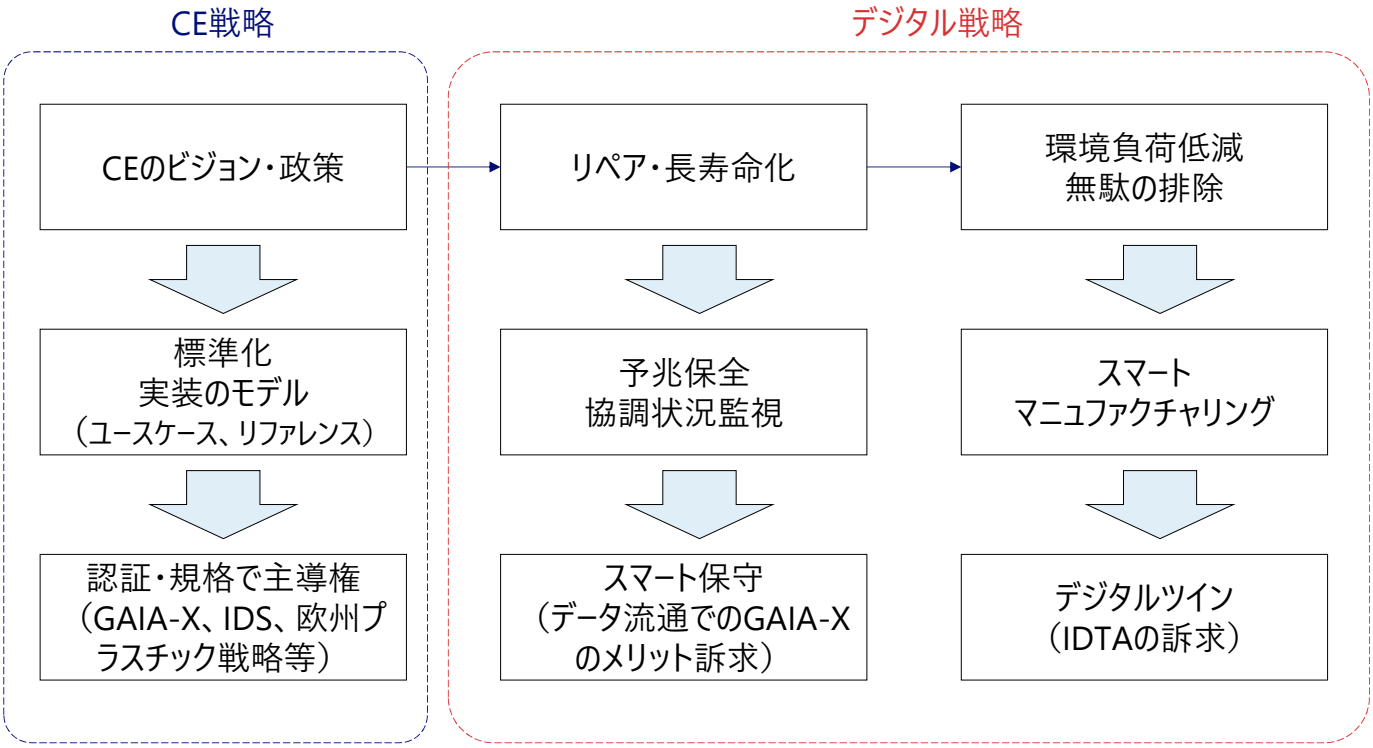
フラウンホーファー材料リサイクル・資源戦略研究所（IWKS）

- 近赤外分光と3D技術を使い廃棄物を分析する分類装置を所有しており、センサーデータを活用して同装置に機械学習を行わせる
- 将来的にはAIが各鎖状高分子を識別し、ゴミとなったプラスチックを適宜分別することを可能にしていく

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

欧州はビジョン・政策等理念から入ることでCE戦略とデジタル戦略を接続

■日本は戦略の間の繋がりが必ずしも明確ではなく、戦略・政策面での彼我の差は大きい

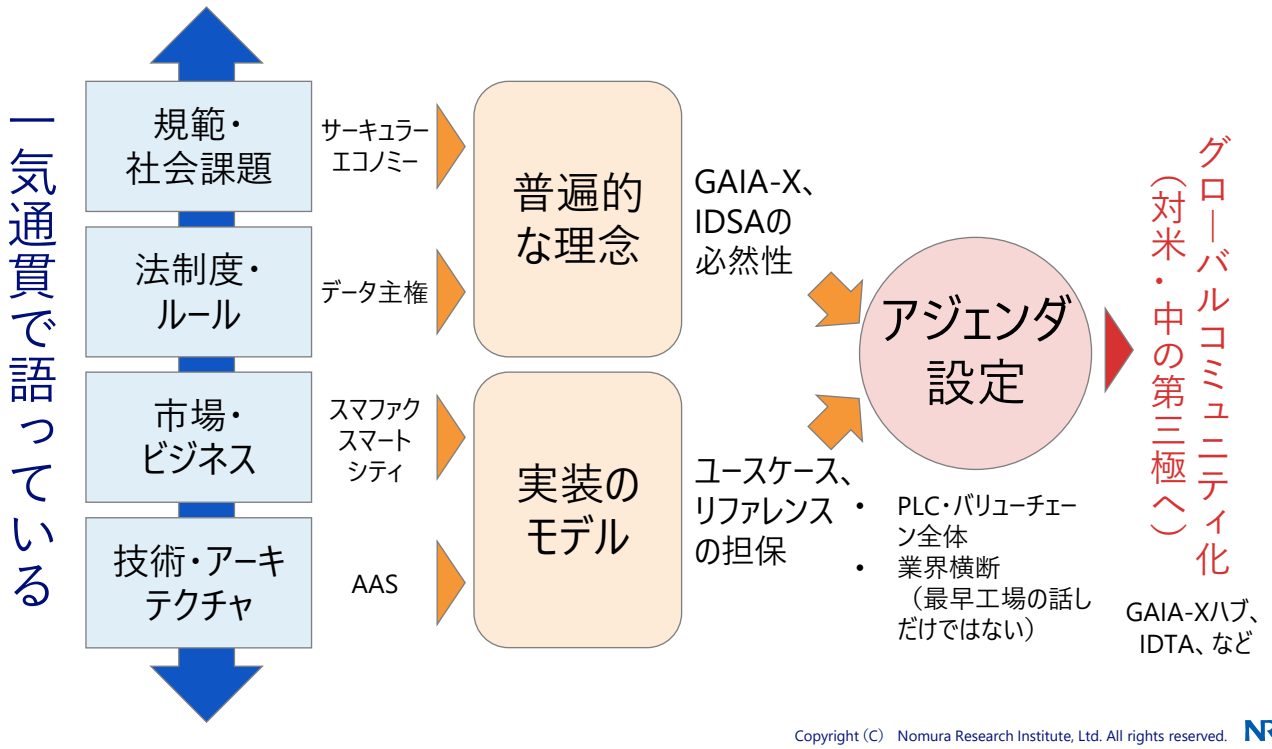


注：IDTA（Industrial Digital Twin Association） 2020年9月に設立されたデジタルツイン関連の業界団体。IDTAは、管理シェル（AAS）の整備やIndustrie 4.0の技術的問題を議論するグローバルな場の設定を目的として設立された。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

彼我の差とは？
「技術」と受け止める日本とのギャップ

■『理念』と『モデル』からアジェンダ設定する欧州の戦略性



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

議題

■ スマート製造に関連する主要な技術トレンド
（関連市場の拡大・創出や従来市場にゲームチェンジをもたらすハードウェア・ソフトウェア群の市場動向）

特許論文からの示唆

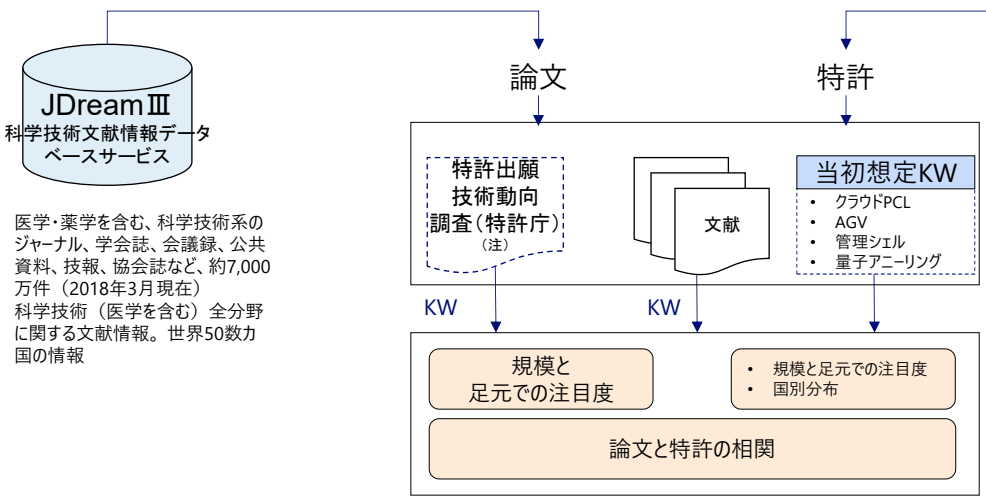
■ 市場動向と標準化の動き

■ 製造現場における無線通信技術の本格活用によるダイナミックケイパビリティ獲得への戦略・道筋

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

分析フレーム

要素技術の研究開発動向をキーワード分析。



- 医学・薬学を含む、科学技術系のジャーナル、学会誌、会議録、公共資料、技報、協会誌など、約7,000万件（2018年3月現在）
- 科学技術（医学を含む）全分野に関する文献情報。世界50数カ国の情報

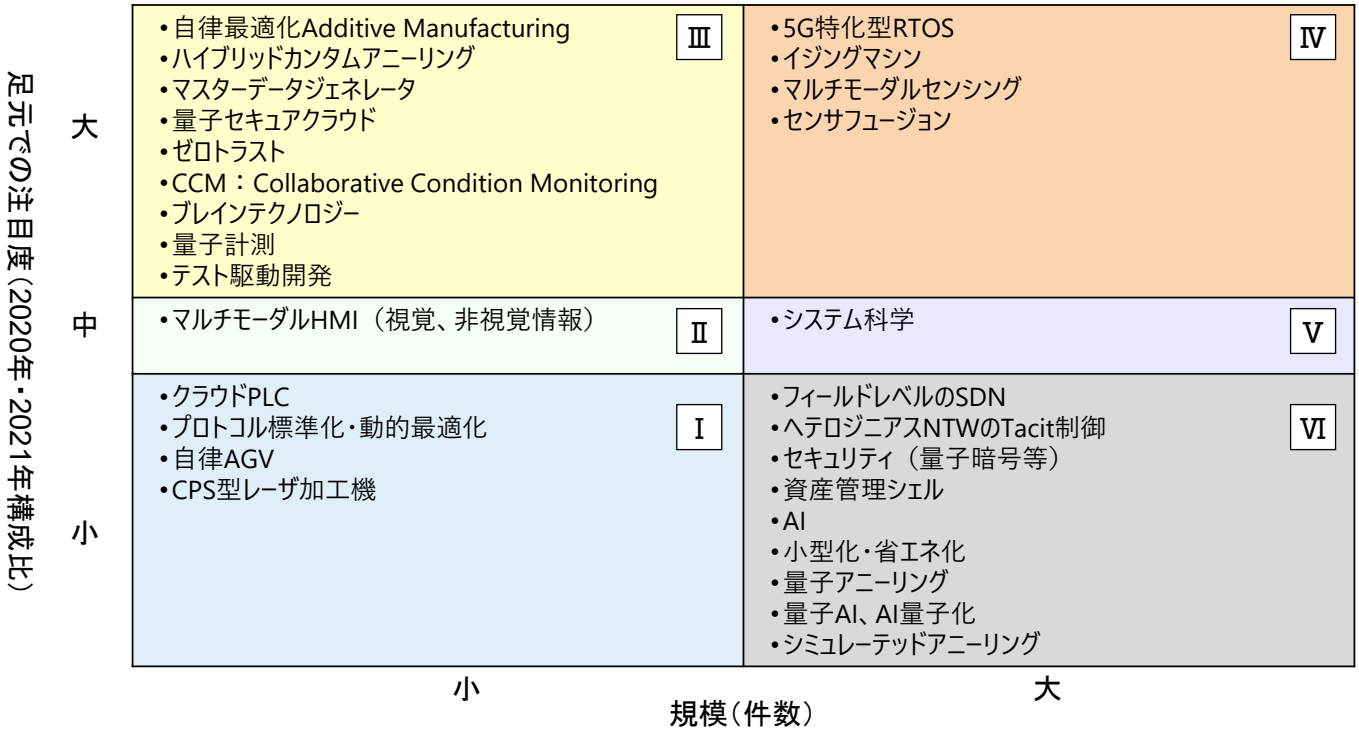
- 対象文献：
JP、US、EP、CN、KR、DE、FR、GB、RU、IN、TW、PAJ、DOCDB

注：特許庁 『平成２８年度特許出願技術動向調査報告書（概要）スマートマニュファクチャリング技術』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

論文　規模と足元での注目度

形式知化・最適化（マルチモーダル、イジングマシン、MGD等）、セキュリティ・データ協調（QSC、ZT、CCM等）、自律・アジャイル（自律最適化AM、TDD等）が注目領域



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2020年、ならびに2021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。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

参考：論文件数

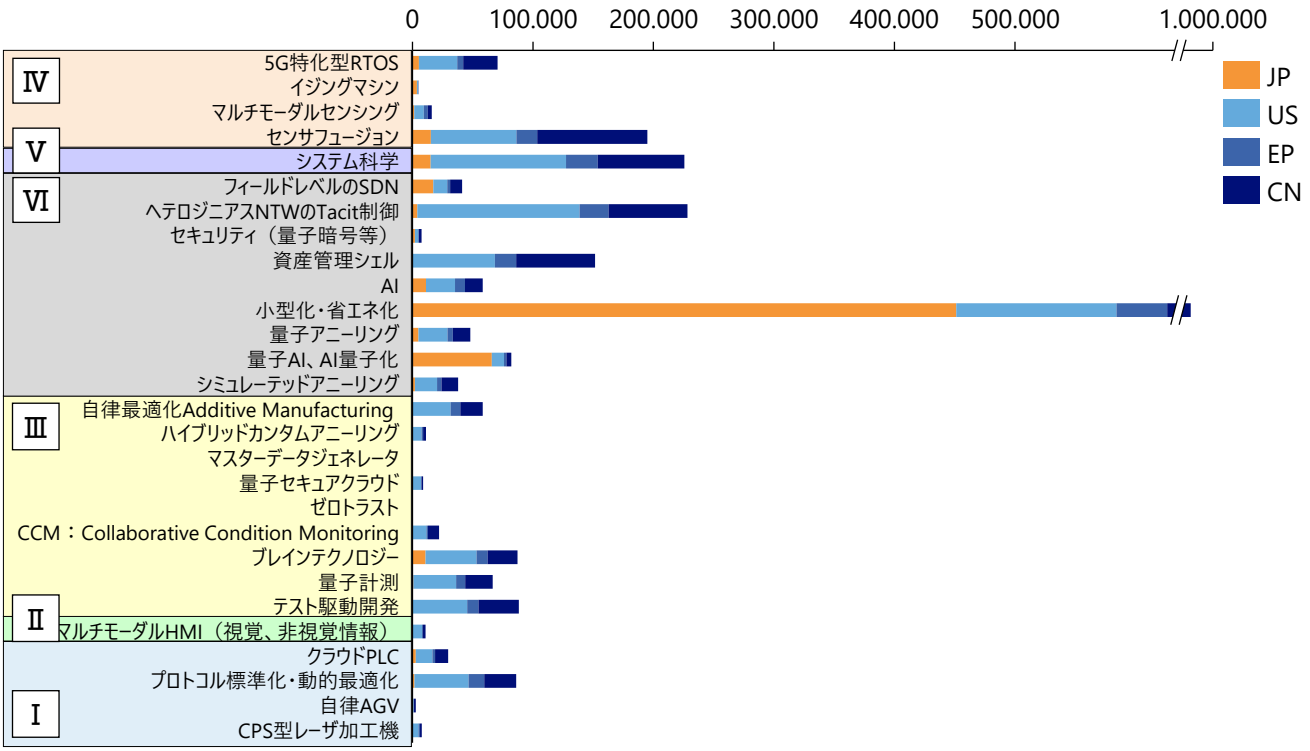
テーマ	全体	2020以降	2021以降	ステージ
5G特化型RTOS	4,257	37%	11%	IV
イジングマシン	20,773	41%	12%	IV
マルチモーダルセンシング	4,356	73%	65%	IV
センサフュージョン	22,277	49%	35%	IV
システム科学	41072	32%	11%	V
フィールドレベルのSDN	1,668	28%	7%	VI
ヘテロジニアスNTWのTacit制御	29,039	29%	8%	VI
セキュリティ（量子暗号等）	4,707	24%	6%	VI
資産管理シェル	7,712	10%	3%	VI
AI	498,426	24%	8%	VI
小型化・省エネ化	22,790	26%	9%	VI
量子アニーリング	2,715	26%	8%	VI
量子AI、AI量子化	11,883	27%	7%	VI
シミュレーテッドアニーリング	15,244	11%	3%	VI
自律最適化Additive Manufacturing	96	40%	17%	III
ハイブリッドカンタムアニーリング	103	35%	12%	III
マスターデータジェネレータ	68	38%	12%	III
量子セキュアクラウド	92	40%	12%	III
ゼロトラスト	683	47%	14%	III
CCM：Collaborative Condition Monitoring	490	43%	15%	III
ブレインテクノロジー	910	42%	13%	III
量子計測	892	40%	12%	III
テスト駆動開発	328	47%	14%	III
マルチモーダルHMI（視覚、非視覚情報）	663	36%	10%	II
クラウドPLC	384	23%	7%	I
プロトコル標準化・動的最適化	1,090	34%	9%	I
自律AGV	770	13%	5%	I
CPS型レーザ加工機	1	0%	0%	I

中央値	1,379	35%	10%	ー

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

特許　規模と足元での注目度（件数_全体）

センサフュージョン、システム科学、ヘテロジニアスNTW、AASはホットな領域



Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

特許　規模と足元での注目度（件数_全体）

クラウド、Cyberは米中の牙城、日本はエッジ（フィールドレベルSDN、量子AI・AI量子化等）では強いが、マルチモーダルなデータ協調は米中に劣後する

	JP	US	EP	CN	TTL	ステージ
5G特化型RTOS	8%	45%	7%	41%	100%	IV
イジングマシン	76%	20%	2%	2%	100%	IV
マルチモーダルセンシング	8%	50%	21%	21%	100%	IV
センサフュージョン	8%	36%	9%	47%	100%	IV
システム科学	7%	50%	12%	32%	100%	V
フィールドレベルのSDN	42%	28%	6%	24%	100%	VI
ヘテロジニアスNTWのTacit制御	2%	59%	10%	29%	100%	VI
セキュリティ（量子暗号等）	26%	38%	6%	31%	100%	VI
資産管理シェル	0%	45%	12%	43%	100%	VI
AI	19%	41%	14%	25%	100%	VI
小型化・省エネ化	46%	14%	4%	36%	100%	VI
量子アニーリング	10%	50%	9%	30%	100%	VI
量子AI、AI量子化	80%	12%	3%	5%	100%	VI
シミュレーテッドアニーリング	5%	49%	10%	37%	100%	VI
自律最適化Additive Manufacturing	0%	54%	14%	32%	100%	III
ハイブリッドカンタムアニーリング	0%	68%	11%	21%	100%	III
マスターデータジェネレータ	12%	62%	13%	13%	100%	III
量子セキュアクラウド	2%	78%	5%	15%	100%	III
ゼロトラスト	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	III
CCM：Collaborative Condition Monitoring	0%	52%	6%	41%	100%	III
ブレインテクノロジー	56%	12%	33%	33%	100%	III
量子計測	1%	53%	11%	34%	100%	III
テスト駆動開発	0%	51%	11%	38%	100%	III
マルチモーダルHMI（視覚、非視覚情報）	2%	71%	6%	21%	100%	II
クラウドPLC	10%	52%	8%	41%	100%	I
プロトコル標準化・動的最適化	2%	52%	15%	31%	100%	I
自律AGV	2%	32%	9%	57%	100%	I
CPS型レーザ加工機	3%	61%	16%	20%	100%	I

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

議題

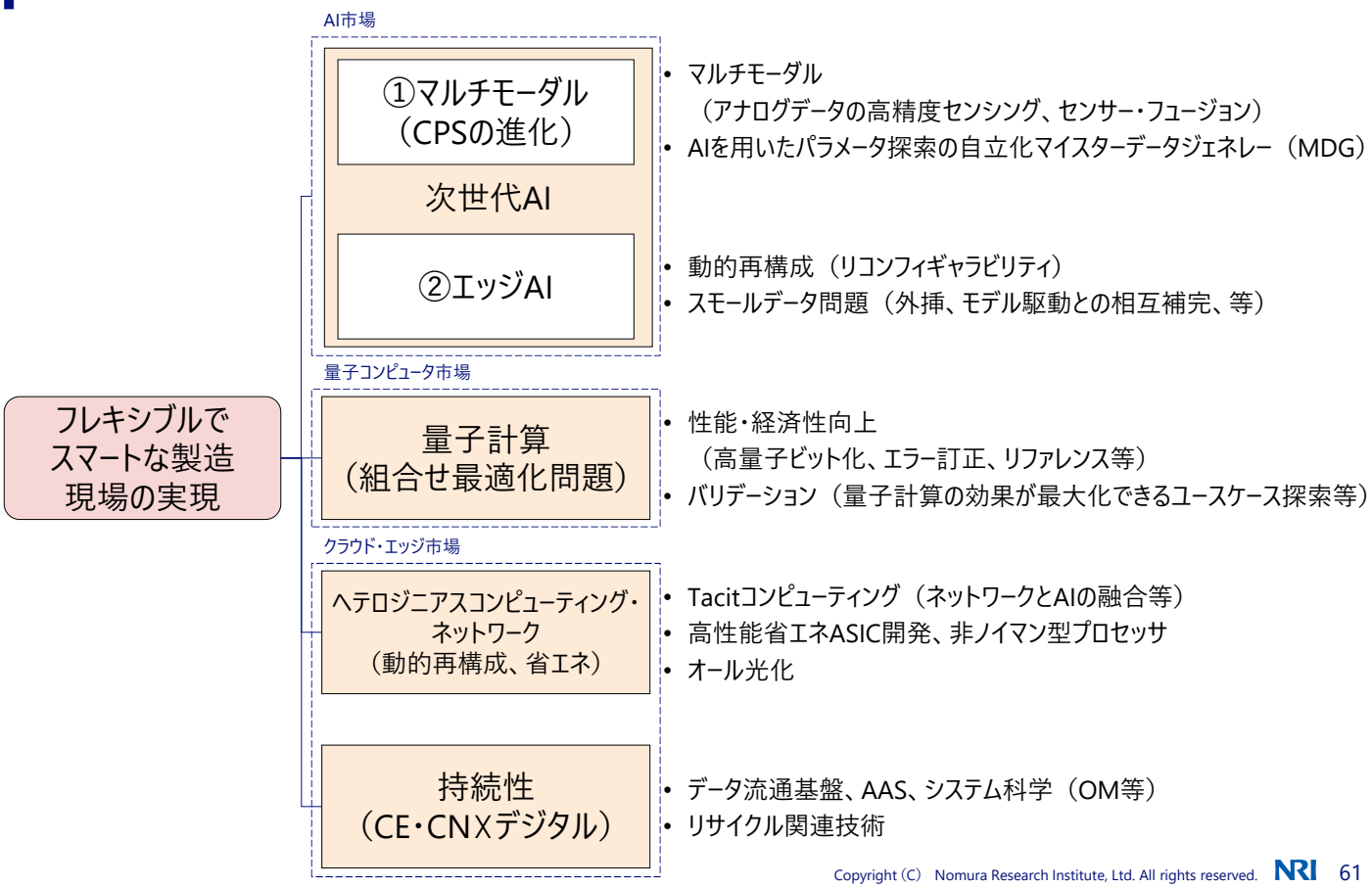
- スマート製造に関連する主要な技術トレンド（関連市場の拡大・創出や従来市場にゲームチェンジをもたらすハードウェア・ソフトウェア群の市場動向）
- 特許論文からの示唆

市場動向と標準化の動き

- 製造現場における無線通信技術の本格活用によるダイナミックケイパビリティ獲得への戦略・道筋

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

有望な技術開発ドメインの候補



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向

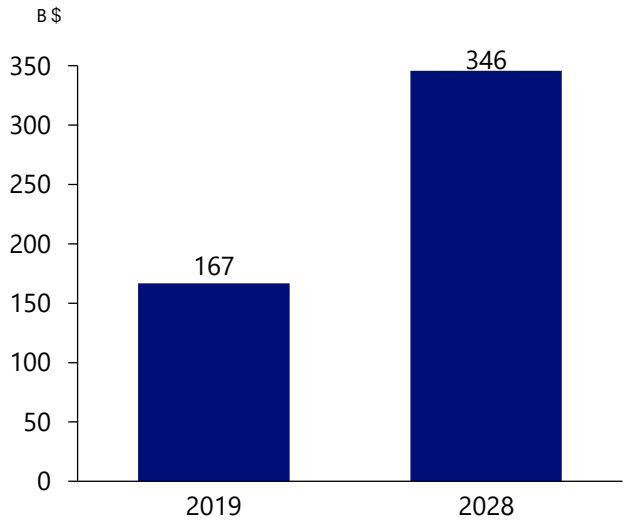
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：センサー市場

世界のセンサ市場は約8%で成長性

■ エッジコンピューティングと同様の比率（22%）を製造業が占めるとすると製造業向けのセンサの市場ポテンシャルは$76Bと推計される

世界のセンサ市場

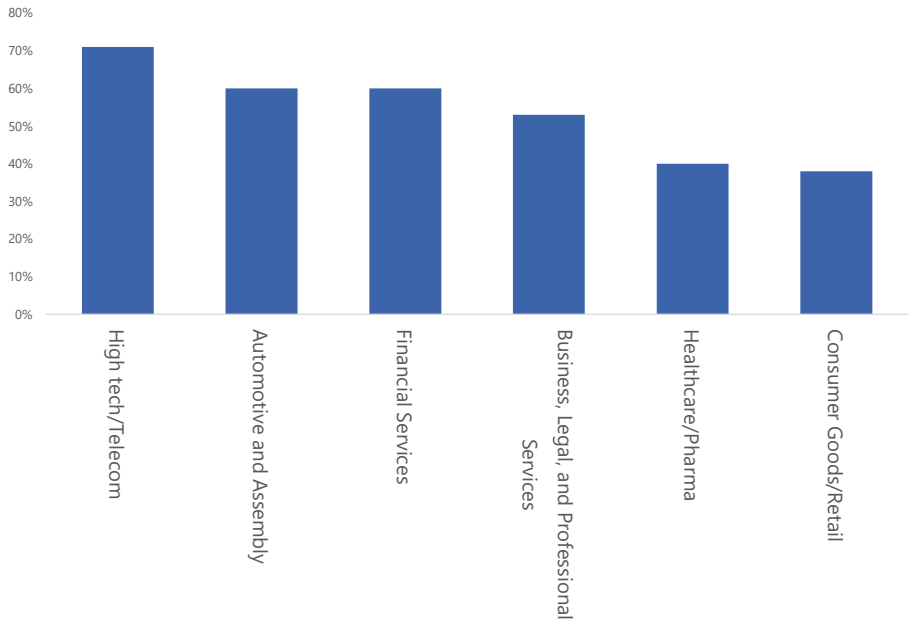


出所：Allied Market Research

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：AI

ハイテク・通信、自動車・組立のAI利用率が高い



Source: Stanford University, McKinsey & Co. Survey

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：AI

販売・マーケ、開発、サービスでのAI利用率が高い。製造は自動車・組立が先行するが今後の伸びに期待。

Industry	Business Functions							
	Human Resources	Manufacturing	Marketing & Sales	Product / Service Development	Risk	Service Operations	Strategy & Corporate Finance	Supply Chain Management
All Industries	8%	12%	15%	21%	10%	21%	7%	9%
Automotive & Assembly	13%	29%	10%	21%	2%	16%	8%	18%
Business, Legal & Professional Services	13%	9%	16%	21%	13%	20%	10%	9%
Consumer Goods & Retail	1%	19%	20%	14%	3%	10%	2%	10%
Financial Services	5%	5%	21%	15%	32%	34%	7%	2%
Healthcare / Pharma	3%	12%	16%	15%	4%	11%	2%	6%
High-Tech / Telecom	14%	11%	26%	37%	14%	39%	9%	12%

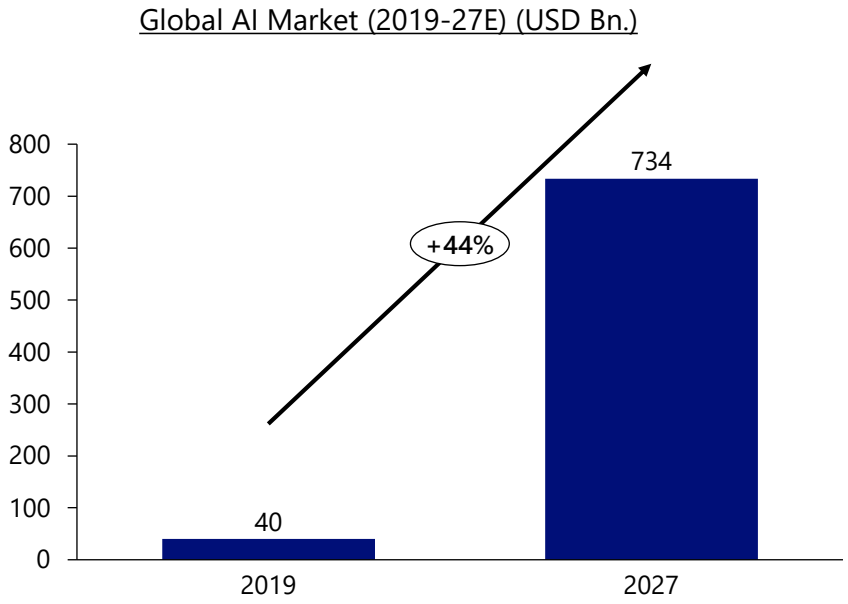
>=30% affirmed AI usage　>=20% affirmed AI usage

Source: Stanford University, McKinsey & Co. Survey

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：AI

世界のAI市場は年率40%超の高成長が予想される

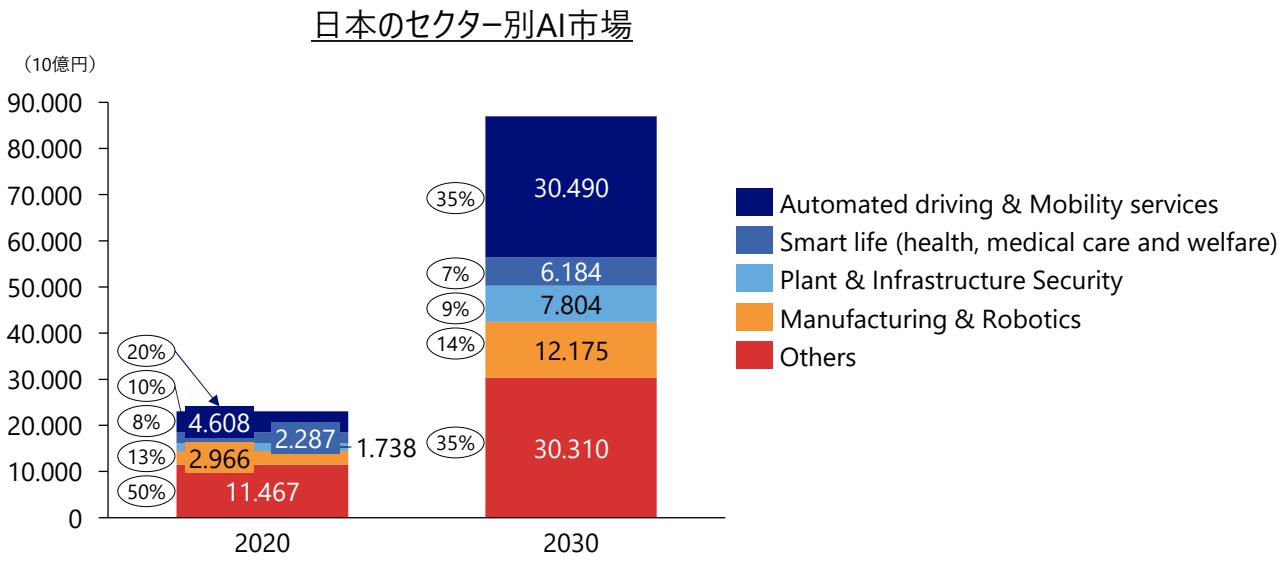


Source: 'M&A Quarterly Market Report: 1Q21 Review and 2021 Outlook; - Published by Aranca

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：AI

製造業向けAIの成長率は約15％

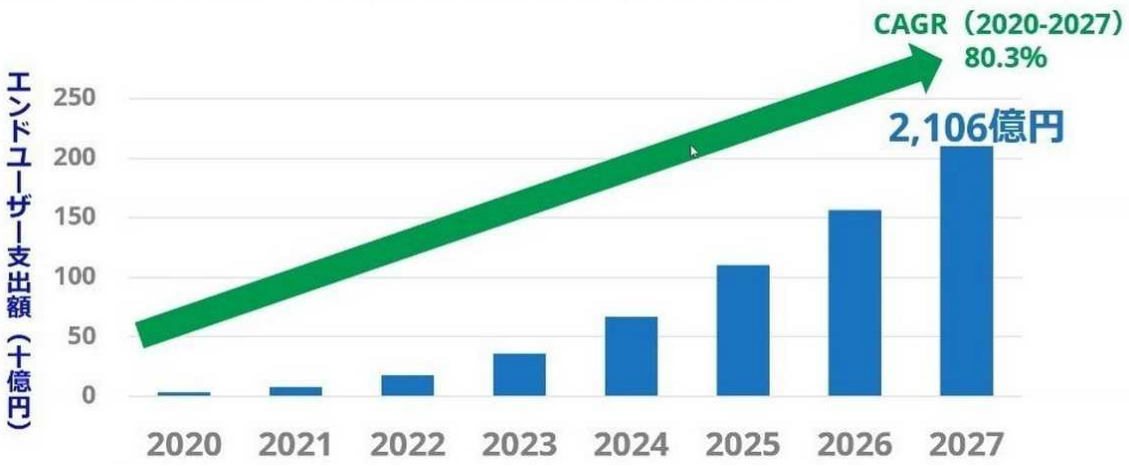


Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：国内産業向け5G関連IT市場

日本国内の産業向け5G関連市場は約80％超での成長が予測される

国内産業向け5G関連市場



注：ITインフラストラクチャ、ソフトウェア、サービス支出の合計、5Gによって創出されるサービス（例：MaaS）、通信サービス、端末、通信モジュール、OT領域に対する支出は含まない

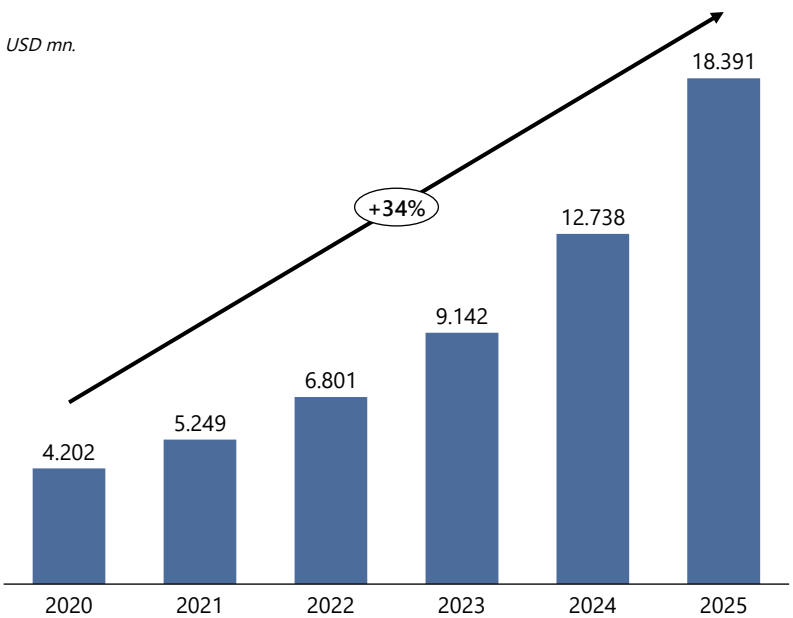
出所：IDC

Copyright（C） Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：エッジコンピューティング

エッジコンピューティングの市場は40％近い高成長が期待される

世界のエッジコンピューティング市場



出所） Mordor Intelligence Global Edge Computing Market report (2021-26)

拡大するIoTとIIoTの導入

- IoTデバイス量は過去8年間で6倍に増加し、2020年には約500億台に達すると予想されている
- これにより、ネットワーク・エッジで分析、処理、保存されるべき大量のデータが発生する

処理能力の高いアプリケーション

- AI、IoT、MLなどの技術は、通常、大規模なデータセットを処理し、膨大なアルゴリズムモデルを実行する
- そのため、ローカルなコンピュート、データストレージ、ネットワークリソースが必要となる

5Gの導入

- 5G導入には、厳しいレイテンシー目標（1mのネットワーク・レイテンシー）が求められる
- エッジコンピューティングは、エンドユーザーに近い場所でデータを処理することでネットワークのレイテンシーを低減することができるため、導入が進むと予想される

Copyright（C） Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：エッジコンピューティング

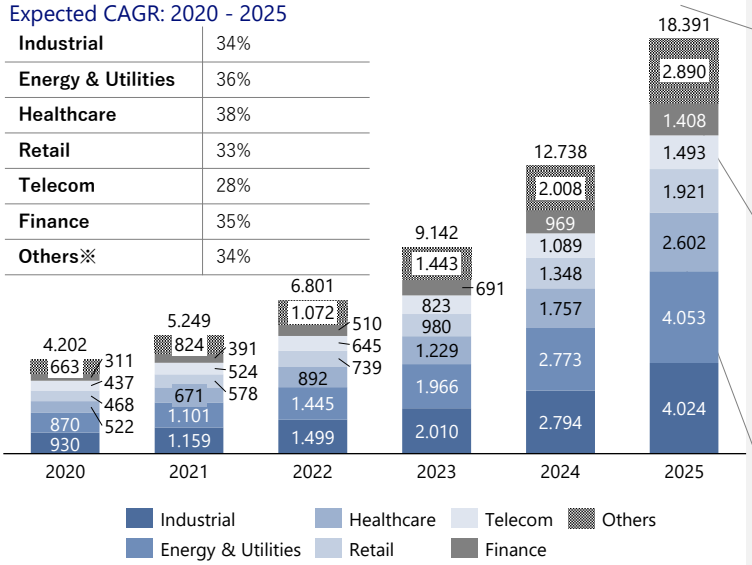
製造業向けエッジコンピューティング市場は2025年には約4B$に達する

産業別市場規模と成長率

USD mn.

Expected CAGR: 2020 - 2025

Industrial	34%
Energy & Utilities	36%
Healthcare	38%
Retail	33%
Telecom	28%
Finance	35%
Others※	34%



※Othersには、メディア・エンタテインメント、セキュリティ・監視、自動車、交通・物流を含む

成長ドライバー

Finance
- デジタルおよびモバイルバンキングの導入が進む
- ブロックチェーン技術の利用がエッジ・コンピューティングの需要を高めると予想される

Telecom
- 5GネットワークとIoTデバイスの導入によりエッジ・コンピューティングの需要が増加
- その他の要因として、クラウドへの依存とインターネット接続への依存が挙げられる

Retail
- 電子商取引、POS、モバイルアプリ、ロイヤリティ管理プラットフォームなどを通じて大量の顧客データが入手可能になり、ビジネスの最適化や新たな収益創出の機会が求められる

Health-care
- エッジコンピューティングにより、IoTデバイスを導入し、患者データの収集・分析が可能になる
- その他の要因として、厳しいレイテンシー要件、データの局所性、プライバシー要件がある

Energy
- 高度なリアルタイム・モニタリングと分析をサポート
- 今後のユースケースとしては、マシン・ツー・マシンのセキュリティ検証、ブロックチェーンによる台帳ベースの通信、5Gの利用などが考えられる

Industrial
- 監視システムの自動化、予測分析によるスマートでインテリジェントな製造、IIoTデバイスの相互運用性への活用が期待される
- 信頼性と応答性の向上に役立つ

出所） Mordor Intelligence Global Edge Computing Market report (2021-26)

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：クラウドコンピューティング

世界のパブリッククラウドサービスの市場規模は2022年で$364B

Table 1. Worldwide Public Cloud Service Revenue Forecast (Millions of U.S. Dollars)

	2019	2020	2021	2022
Cloud Business Process Services (BPaaS)	45,212	43,438	46,287	49,509
Cloud Application Infrastructure Services (PaaS)	37,512	43,498	57,337	72,022
Cloud Application Services (SaaS)	102,064	104,672	120,990	140,629
Cloud Management and Security Services	12,836	14,663	16,089	18,387
Cloud System Infrastructure Services (IaaS)	44,457	50,393	64,294	80,980
Desktop as a Service (DaaS)	616	1,203	1,951	2,535
Total Market	**242,697**	**257,867**	**306,948**	**364,062**

BPaaS = business process as a service; IaaS = infrastructure as a service; PaaS = platform as a service; SaaS = software as a service
Note: Totals may not add up due to rounding.

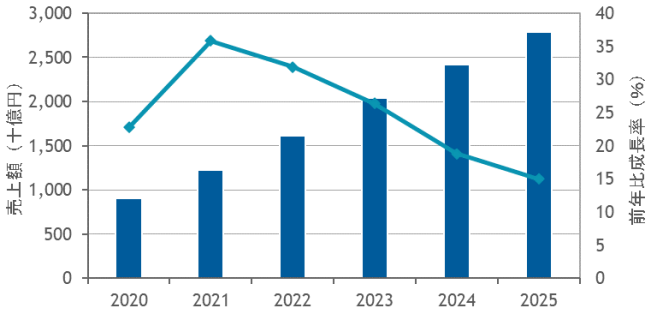
Source: Gartner (July 2020)

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

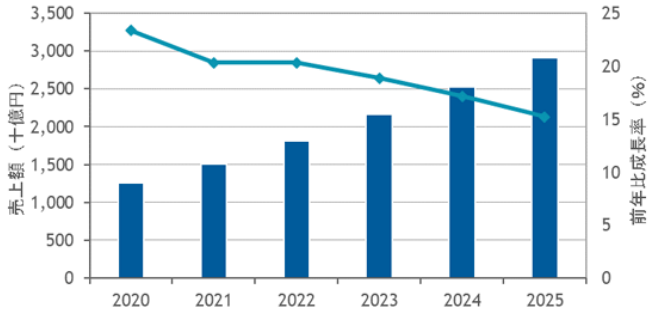
国内外における市場動向：クラウドコンピューティング

国内のクラウド市場は2025年にプライベートが2.8兆円、パブリックが2.9兆円まで成長

国内プライベートクラウド市場



国内パブリッククラウド市場



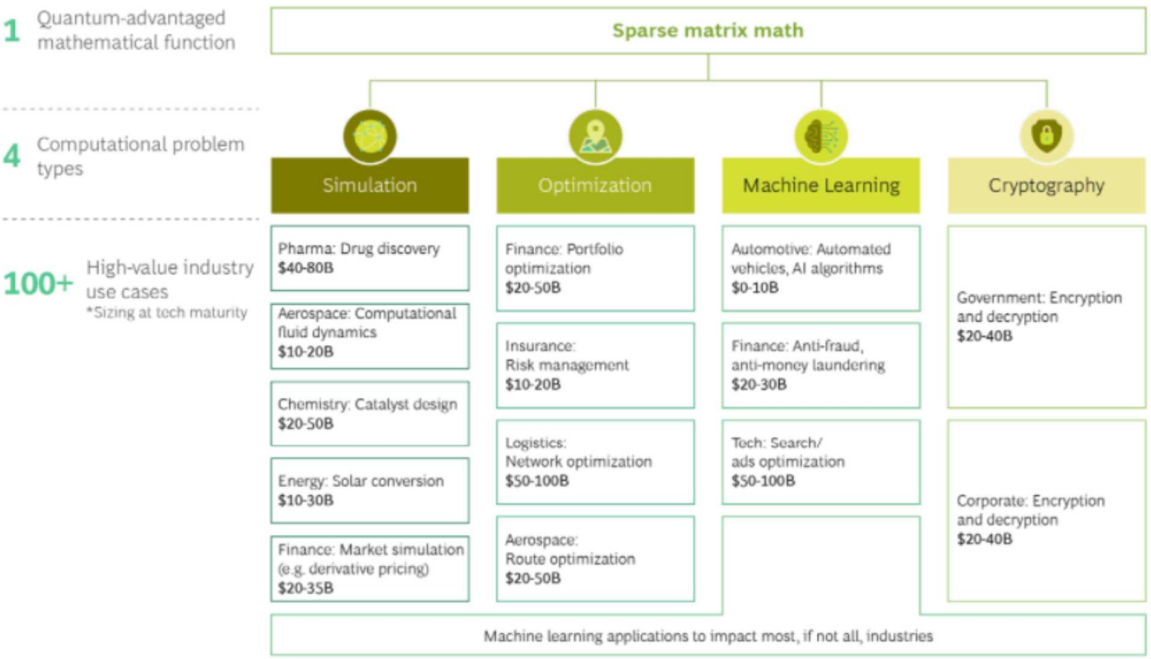
出所：IDC

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：量子コンピュータ

量子コンピュータのタイプ別市場ポテンシャル

■ 量子コンピュータの主要な用途はシミュレーション、最適化、機械学習、暗号などである。



出所：BCG

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：量子コンピュータ

量子コンピュータのタイプ別市場ポテンシャル

■ シミュレーション、最適化、機械学習で最大$220B－$300Bの市場ポテンシャルが期待される

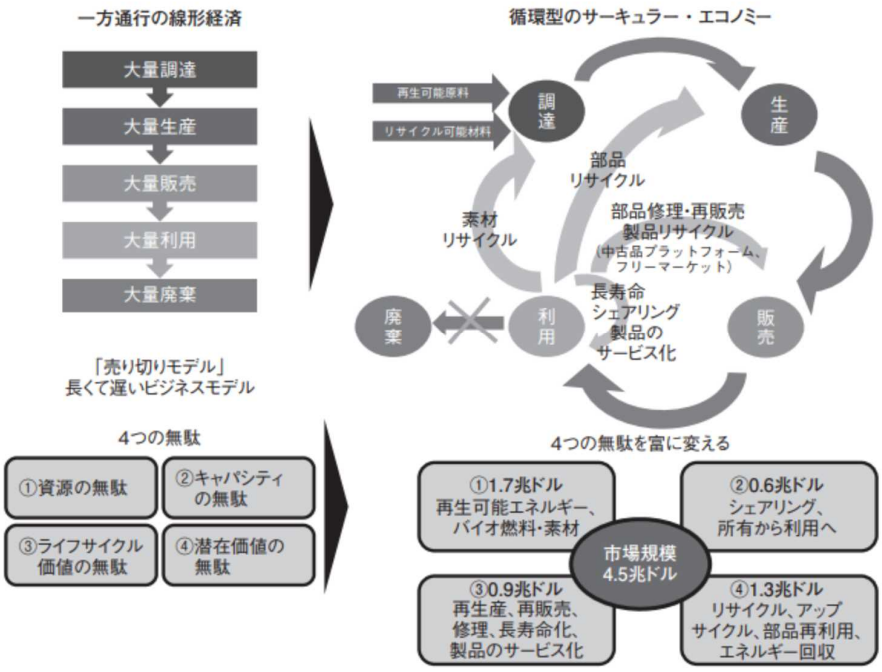
	Applications	Value creation potential[1] ($B) Low	High
Cryptography ($40-$80B)	Encryption/decryption	$40	$80
Optimization ($100-$220B)	Aerospace: Flight route optimization	$20	$50
	Finance: Portfolio optimization	$20	$50
	Finance: Risk management	$10	$20
	Logistics: Vehicle routing/network optimization	$50	$100
Machine learning ($150-$220B)	Automotive: Automated vehicle, AI algorithms	$0	$10
	Finance: Fraud and money-laundering prevention	$20	$30
	High tech: Search and ads optimization	$50	$100
	Other: Varied AI applications	$80+	$80+
Simulation ($160-$330B)	Aerospace: Computational fluid dynamics	$10	$20
	Aerospace: Materials development	$10	$20
	Automotive: Computational fluid dynamics	$0	$10
	Automotive: Materials and structural design	$10	$15
	Chemistry: Catalyst and enzyme design	$20	$50
	Energy: Solar conversion	$10	$30
	Finance: Market simulation (e.g. derivatives pricing)	$20	$35
	High tech: Battery design	$20	$40
	Manufacturing: Materials design	$20	$30
	Pharma: Drug discovery and development	$40	$80

出所：BCG

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：CE・CN

CE・CNが生み出す経済効果は 2030 年までに4.5 兆ドル



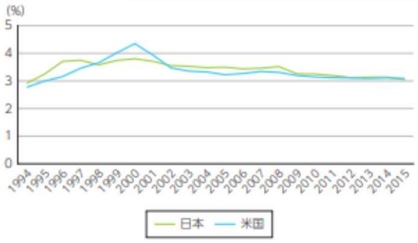
出所：川野 茉莉子 『サーキュラー・エコノミー時代のビジネス戦略』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

国内外における市場動向：CE・CN

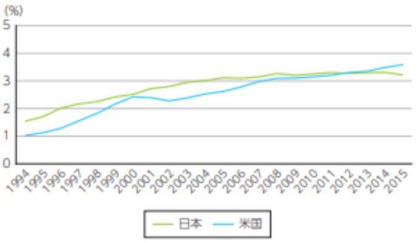
デジタルへの投入係数は凡そ3%程度と推測される

図表1-3-1-5 日米のICT投資/GDP比（名目）推移



（出典）OECD Stat

図表1-3-1-6 日米のICT投資/GDP比（実質）推移



（出典）OECD Stat

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

ハードウェア・ソフトウェア群の標準化に係る国内外の動向

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：国際的な標準化の動向

IEEE、ISO/IEC、ITU等がAIに関する主な標準化委員会となる

組織	概要
IEEE-SA	**Ethically Aligned Design (EAD)** 機械学習を念頭にリスクを洗い出し。**一般原則**等10テーマで整理され、政策提言的な要素も盛り込まれた最新版レポートを公開(2019/3)。 **P7000～P7014標準化プロジェクト** 透明性、プライバシ、差別、フェイルセーフなど機械学習の実務上の課題を対象に規格策定中。
ISO/IEC JTC 1	**SC 42 Artificial Intelligence** WG1 (基盤的規格群)、WG2 (ビッグデータ)、WG3 (Trustworthiness)、WG4 (ユースケース)、WG5 (計算的アプローチと特性)とJoint WG(SC40とAIのガバナンス上の意義に関する検討)が活動中。
IEC	**SMB/SEG 10 (Ethics in Autonomous and AI Applications)** 「AIアプリケーションに関連する倫理的側面に関するIEC委員会に広く適用されるガイドラインの作成」などを目的に設置、2019/1始動。
ITU-T	AIを活用しテレコム運用自動化の観点で各種活動中。 例）SG13: FG-ML5G(5Gへの機械学習技術の応用検討)など。
OCEANIS	AIシステム開発のための標準規格に関心を持つ機関に議論や協調の場を与える国際フォーラム。IEEE-SAが設立提案。日本規格協会(JSA)やIECは設立メンバーの一員。

JTC：Joint Technical Committee、SC：Sub Committee、
SMB：標準管理評議会、SEG：システム評価グループ、SG：Study Group、
FG：Focus Group、ML：Machine Learning (機械学習)

出所：JEITA 国際戦略・標準化セミナー『AIに関するルール・標準化の動向と今後の展望』

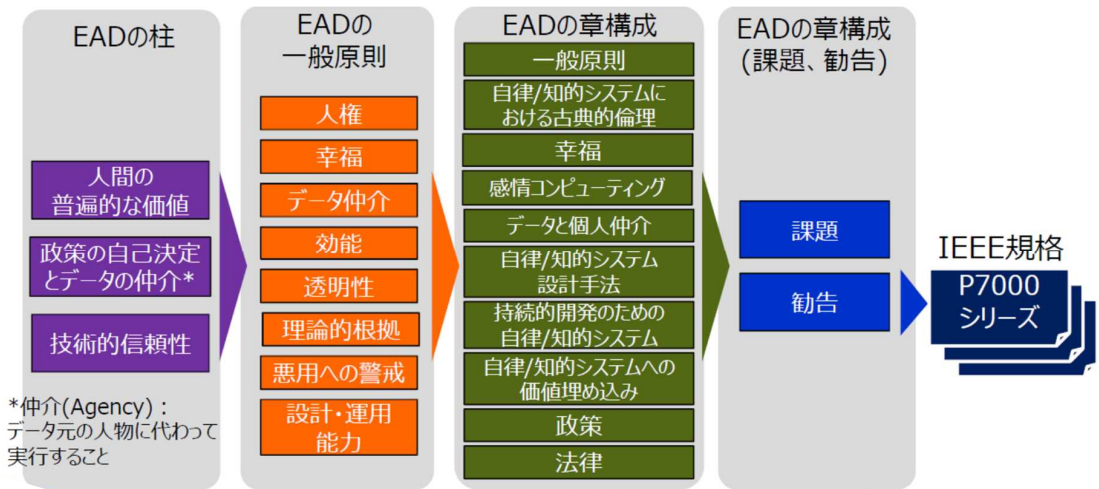
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：国際的な標準化の動向

IEEEのEthically Aligned Design (EAD)

- IEEE-Standards Associationは、“Ethically Aligned Design (EAD)” (倫理に沿った自律/知的システムの設計指針)の1st Editionを公開(2019/3/25)。設計・運用時の倫理的配慮に関する課題に対する勧告を原則から導き出し、実践を促している。

Ethically Aligned Design (EAD)の概念的枠組み



出所：JEITA 国際戦略・標準化セミナー『AIに関するルール・標準化の動向と今後の展望』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：国際的な標準化の動向

IEEEのEthically Aligned Design (EAD)

- **P7000シリーズ**で規格策定中。倫理問題、ふるまいの可視化などをカバー　2019/10/10現在

Project #	プロジェクト名称	Project承認
P7000	システム設計における**倫理的配慮**のモデルプロセス	2016/06/30
P7001	自律/知的システムの**透明性**	2016/12/07
P7002	データ**プライバシー**のプロセス	2016/12/07
P7003	アルゴリズミック**バイアス**（差別）	2017/02/17
P7004	子供と学生データの**ガバナンス**	2017/03/23
P7005	従業員データのガバナンス	2017/03/23
P7006	パーソナルデータAIエージェント	2017/03/23
P7007	倫理的ロボティクスと自律/知的システムのオントロジー	2017/05/18
P7008	人を倫理的につき動かす自律/知的システム	2017/06/15
P7009	自律/知的システムの**フェイルセーフ設計**	2017/06/15
P7010	自律/知的システムにおける**幸福の指標**	2017/06/15
P7011	ニュース源の信頼性の特定と**信頼性評価**	2017/12/06
P7012	機械可読の個人**プライバシー規約**	2017/12/06
P7013	自動化された顔分析の包摂とアプリケーション	2018/05/14
P7014	自律/知的システムの模倣された共感における**倫理的考慮事項**	2019/06/13

出所：JEITA 国際戦略・標準化セミナー『AIに関するルール・標準化の動向と今後の展望』

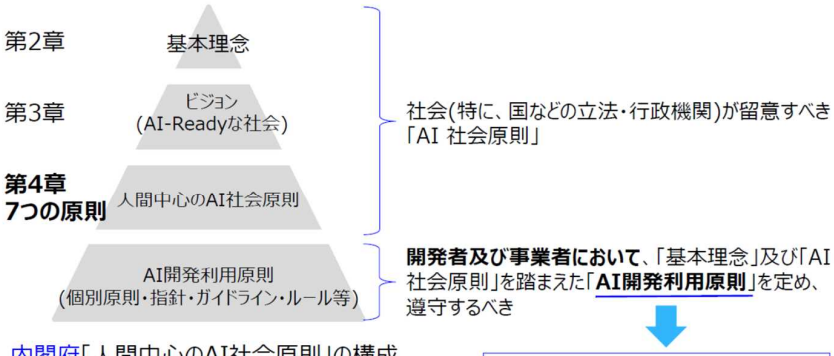
Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：日本における動向

『人間中心のAI社会原則』が日本における根本規範的な位置づけを果たす

- 日本政府はAIに関する倫理や中長期的な研究開発・利活用などについて、産学民間による幅広い視野から調査・検討を行うことを目的として、人工知能技術戦略会議の下に「人間中心の社会原則検討会議」を設置し、2019年3月の統合イノベーション戦略推進会議にて『人間中心のAI社会原則』が決定された。
- 同原則は、AIをより良い形で社会実装し共有するための基本原則であり、G7、OECD等の国際的な議論に供するために策定された。

AIの一般原則に関する日本の取り組み



内閣府「人間中心のAI社会原則」の構成

出所：JEITA 国際戦略・標準化セミナー『AIに関するルール・標準化の動向と今後の展望』
福岡 真之介　『AIの法律』　商事法務、2020年

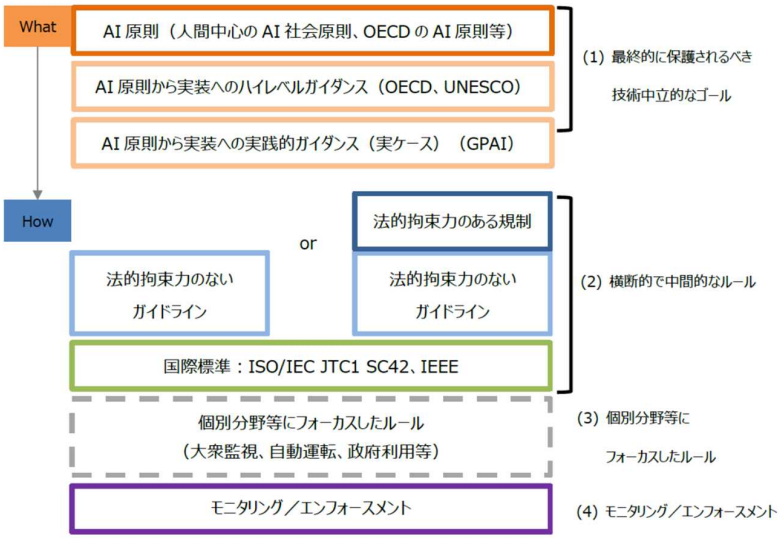
Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：日本における動向

AI社会実装アーキテクチャー検討会が『我が国の AI ガバナンスの在り方 ver . 1.0』を発表

■ AI戦略 2019フォローアップや統合イノベーション戦略 2020において掲げられた「AI社会原則の実装に向けて、国内外の動向も見据えつつ、我が国の産業競争力 の強化と、AIの社会受容の向上に資する規制、標準化、ガイドライン、監査等、我が国の AIガバナンスの在り方を検討する」を受け、経済産業省AI社会実装アーキテクチャー検討会がAIガバナンスに関する検討を行い、中間報告書『我が国の AI ガバナンスの在り方 ver . 1.0』を2021年1月に発表。

AIガバナンスの 構造



出所：AI社会実装 アーキテクチャー検討会　『我が国の AI ガバナンスの在り方 ver . 1.0』

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：日本における動向

JEITA国際標準化戦略研究会が標準化を推進

標準化の主な種類と狙い

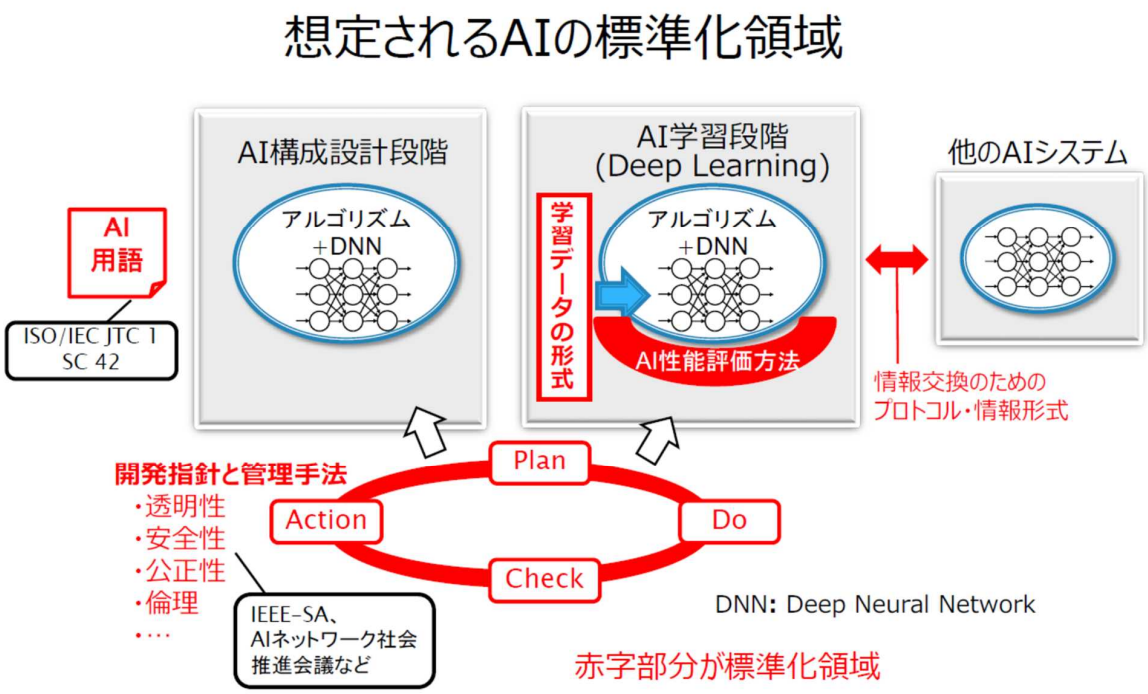
	【用語規格】	【インターフェース規格】	【試験規格】	【マネジメントシステム規格】
[種類]	用語	A社システム / B社システム / C社システム 通信プロトコル、データ形式	製品 試験方法	Plan / Do / Check / Action 設計/製造プロセスの管理手法
[狙い]	共通理解	Interoperability(相互接続性)による多様な市場要求へのソリューション提供	品質・性能の公正な比較	システムの品質・安全性向上
[例]		スマートグリッド、工場内ネットワーク	半導体の信頼性、磁性材料の特性	品質マネジメント、情報セキュリティ

出所：JEITA 国際戦略・標準化セミナー『AIに関するルール・標準化の動向と今後の展望』

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

AI：日本における動向

JEITA国際標準化戦略研究会が標準化を推進



出所：JEITA 国際戦略・標準化セミナー『AIに関するルール・標準化の動向と今後の展望』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

議題

- スマート製造に関連する主要な技術トレンド（関連市場の拡大・創出や従来市場にゲームチェンジをもたらすハードウェア・ソフトウェア群の市場動向）
- 特許論文からの示唆
- 市場動向と標準化の動き

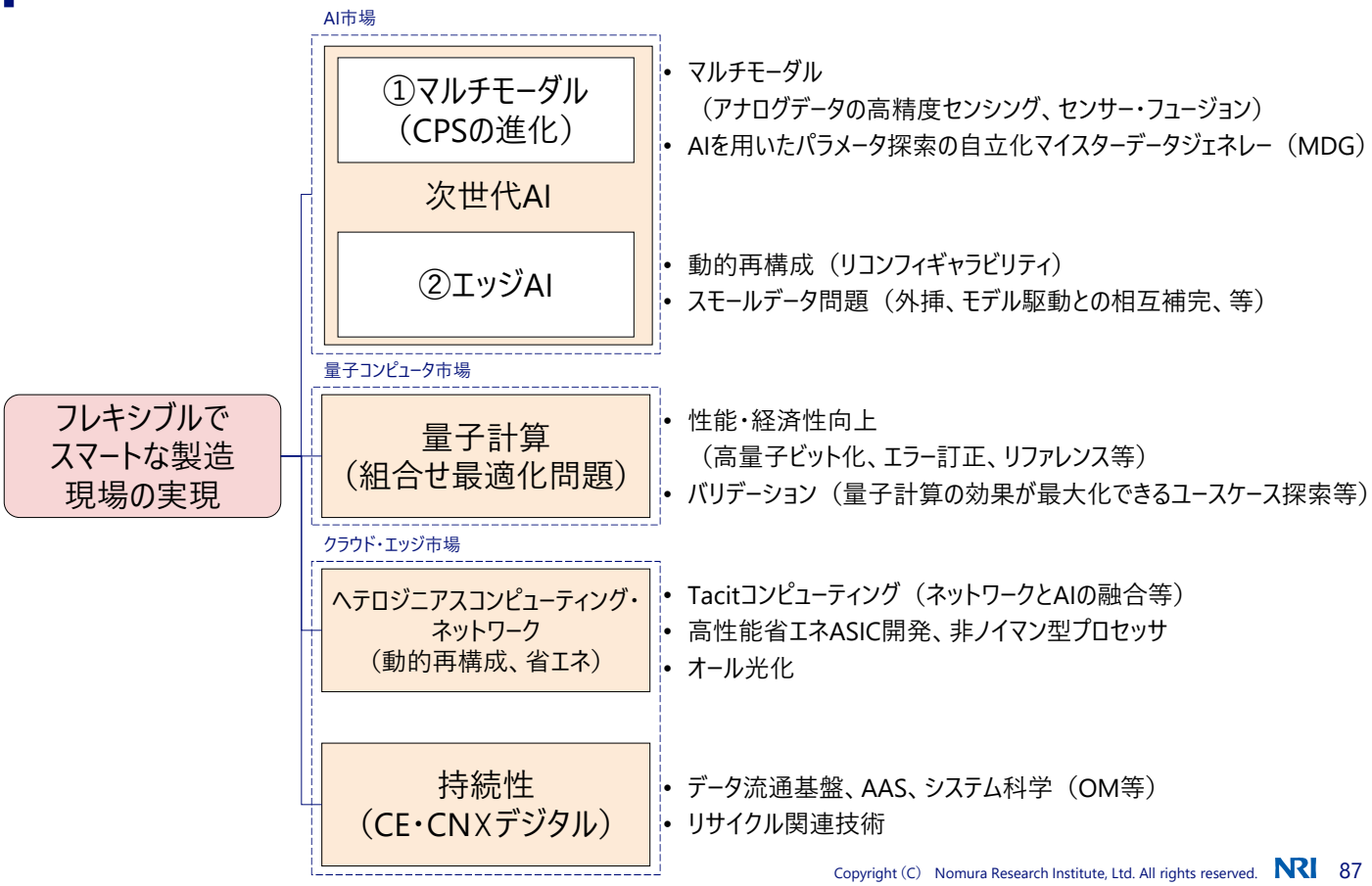
製造現場における無線通信技術の本格活用によるダイナミックケイパビリティ獲得への戦略・道筋

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

有望技術開発テーマ

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

有望な技術開発ドメインの候補



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

次世代AI

量子計算
（組合せ最適化問題）

ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク
（動的再構成、省エネ）

持続性
（CE・CNXデジタル）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国の保有リソースと技術開発課題（ミッシングピース）

日本は教師データ、センサ、ロボット等に強みを保有しており、匠の技の形式知化に向けた『①マルチモーダル』、セキュリティとデータ主権の確保に向けた『②エッジAI』の技術開発が急がれる。

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素（保有リソース）	ユーザ	＜強み＞ • 所謂匠の技に代表されるように教師データが豊富に存在する。 • センサを用いた状態監視、異常検知、品質管理に関するノウハウの蓄積が存在する。 • イジングマシンの利活用の取組みが豊富。 ＜弱み＞ • MES導入率が低いため、データがデジタル化されていない、ばらばらで繋がらない。
	メーカ・ベンダ	＜強み＞ • センサの技術開発力（イメージセンサ、MEMSの蓄積等） • マルチモーダルセンシング、センサーフュージョンとロボット（身体知）を組合せた技術開発力（記号創発ロボット等） • AIを用いたパラメータ探索の自立化マイスターデータジェネレータ（MDG）等 ＜弱み＞ • 半導体の設計開発力、製造力が既にほぼ散逸してしまっている
技術開発課題（ミッシングピース）		• 匠の技の形式知化→『①マルチモーダル』（加工条件等の協調学習、バリデーション等） – 偏差のあるデータ、自社工場ではやらない条件等による学習済みモデルの精度向上 – シミュレーションによるデータ補完やモデルを現場データに基づき修正等モデル駆動との連携（データ駆動のみのアプローチは不経済）、等 – 秘匿性の高いデータの利活用に向けたセキュリティ、データ主権を維持した学習→『②エッジAI』 – 世界的な開発競争が激化中→日本の製造業の現場の強みによるいち早い実績作りが重要 – エッジAI要素技術のユースケース開発（ユーザ・ベンダ協調）によるシステム技術・実装技術強化

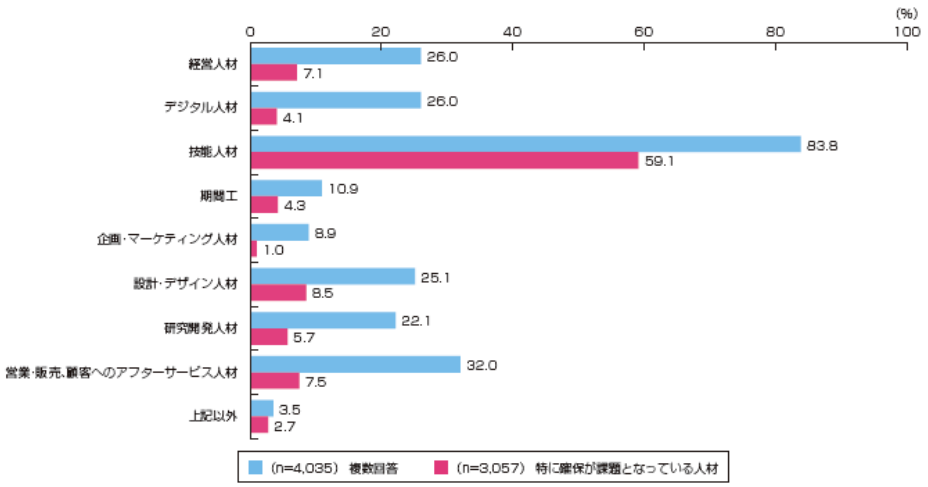
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素

国際評価の高い日本の製造現場力の散逸回避に向け豊富な教師データの形式知化が必要

■ 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）

確保が課題となっている人材（複数回答、最重視項目）



出所：経済産業省調べ（2017年12月）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素

日本はセンサ、MEMSの技術蓄積が豊富であり、世界的なポジションも高い

■ 製造現場で多用されるCIS（CMOS Image Sensor）ではソニーが世界的に圧倒的なポジションを占める

注：MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）とは、電気回路と微細な機械構造を、一つの半導体基板上に集積させたデバイス（部品）で、半導体製造技術やレーザー加工技術等、各種の微細加工技術を応用し、微小な電気要素と機械要素を一つの基板上に組み込んだセンサー、アクチュエーターなどのデバイスやシステムのこと

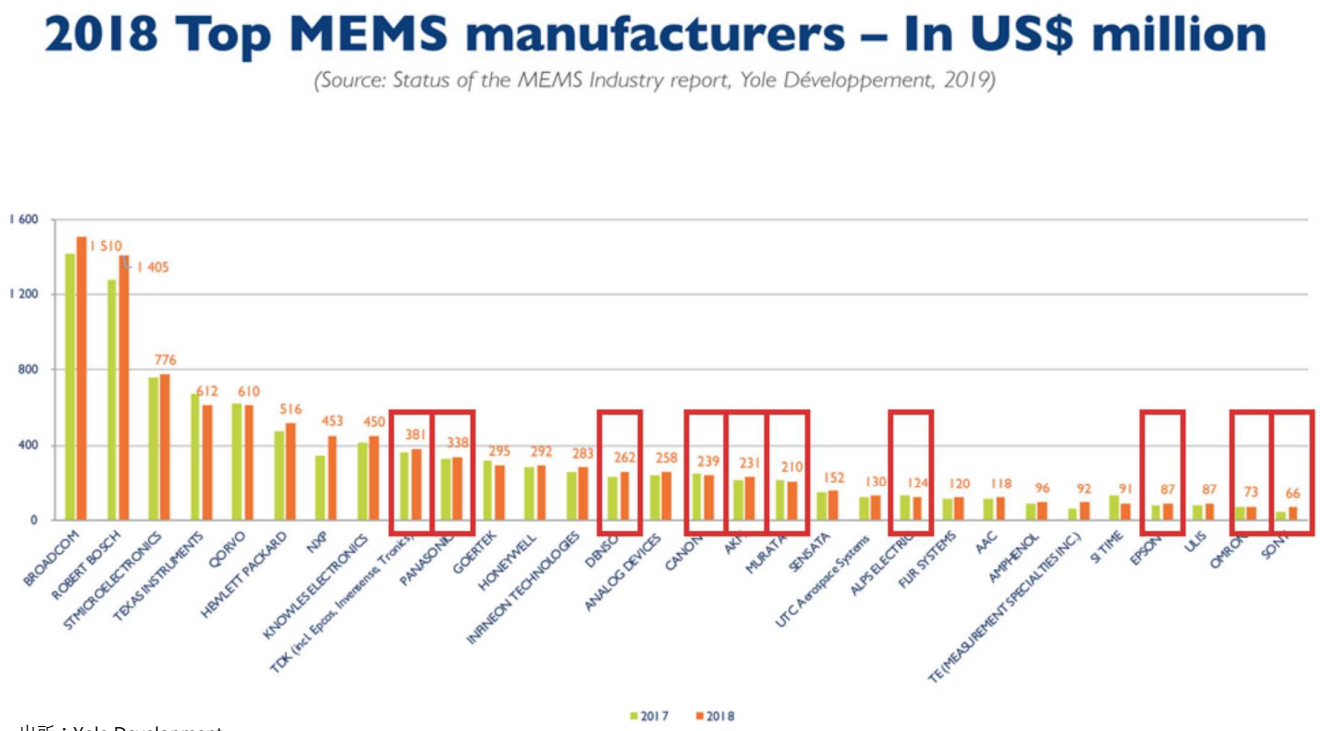
出所：Yole Development

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素

日本はセンサ、MEMSの技術蓄積が豊富であり、世界的なポジションも高い

■ MEMS領域でも多くの日本企業が上位グループにポジション



出所：Yole Development

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

テーマ	概要	背景（現状の課題）
マルチモーダル対応エッジAI開発PF	• リコンフィギャラブル性を利用 – AI開発のアジャイル化による高速実装、対応可能データバラエティ拡張 • ユーザがマルチモーダルデータを用いてエッジAIのカスタマイズ開発が可能なPF – 環境依存性がある中でエッジAIの適合性を向上	• 製造業の現場は多様であり、かつAI学習は環境依存性が高いため、目的、条件、環境などに適合した最適なエッジAI学習が重要となる • HWの開発柔軟性を高める要素技術開発が進みつつあり、これらを適用する為の基盤整備、標準化が求められる
エッジAIIoTの高信頼性に向けた開発	• 加工条件等の協調学習、バリデーション – 偏差データを有効活用し学習済みモデルを高精度化 • モデル駆動とデータ駆動の相互補完 – データ不足、帰納バイアス等をモデル駆動で補完 • エッジXAI（Explainable AI） – トラブル発生時等への対応力強化に向けAIの判断メカニズムの可視化	• 製造業の現場はアナログデータも多く、データの規模、偏差等に関して必ずしもビックデータが入手可能とは限らない（スモールデータ問題）為、計算資源の制約が大きいエッジAIにおいてはデータ不足を補完する基盤が必要 – 工場や企業を跨いでセキュリティ、データ主権を確保しながらデータ協調することが理想

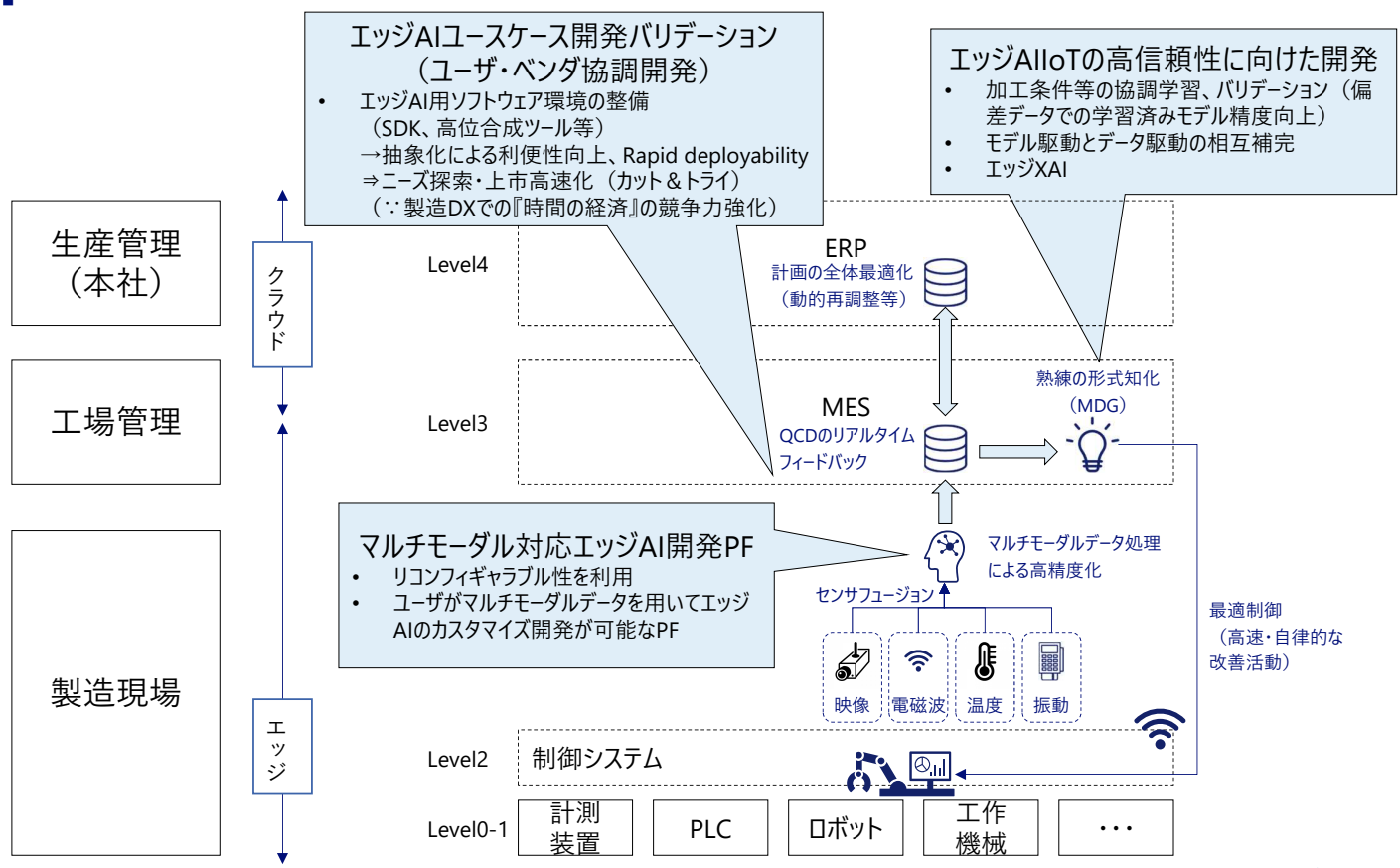
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

テーマ	概要	背景（現状の課題）
エッジAIユースケース開発バリデーション（ユーザ・ベンダ協調開発）	• エッジAI用ソフトウェア環境の整備 – クラウドと比較し相対的にハード依存度の高いエッジAIのプログラマビリティ向上により利便性を向上（抽象化による利便性向上、Rapid deployability） – SDK、高位合成ツール等の整備によりニーズ探索・上市高速化（カット＆トライ）を実現	• 製造業において『時間の経済』を巡る競争にゲームのルールがシフト – 不確実な経営環境に対応する為、ダイナミックケイパビリティが重要に – スピーディーな生産拠点展開などスケールアウトのの重要性が向上 • 脳型など新規アーキテクチャも含め様々なエッジAIの要素技術開発（NEDO等）の成果を実装するための環境整備が重要となる

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補



注MDG：Mister Data Generator

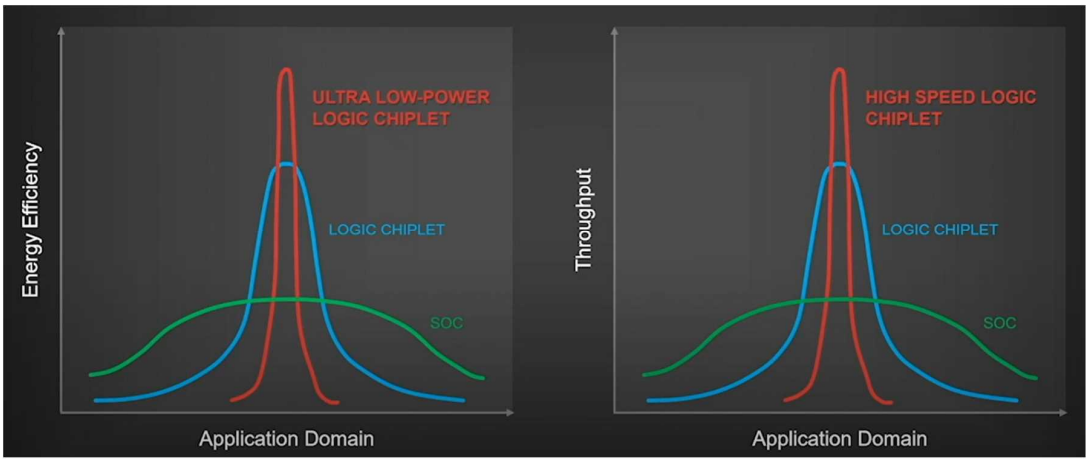
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

マルチモーダル対応エッジAI開発PF：多様な要件への対応が求められるエッジAIに向けたハードウェアの開発LT短縮

AI開発のアジャイル化による高速実装、対応可能データバラエティ拡張

■ エッジAIのイノベーション（リコンフィギャラビリティ向上、高位合成等）によりハード開発のアジャイル化が進むことで機能進化と迅速展開性が増大

- 「理想は、ソフトウェアのコードを書くのと同じように、ハードウェアの技術革新も簡単にできるようになることです。そうなれば、アプリケーションやシステム設計に再びルネッサンスが訪れることでしょう。」
  （“Ideally it should be as easy to innovate in hardware as it is to write software codes. When that happen, we will see another renaissance in application and system design.”
  Mark Liu TSMC “ Unleashing the Future Innovation” ISSCC 2021 Plenary session）
  https://www.youtube.com/watch?v=J5QVKCjyNG0



出所：Mark Liu TSMC “ Unleashing the Future Innovation” ISSCC 2021 Plenary session

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

マルチモーダル対応エッジAI開発PF：多様な要件への対応が求められるエッジAIに向けたハードウェアの開発LT短縮

無線のソフト化と同調したエッジAIのアジャイル化が今後の課題

■ ソフトウエア基地局「FW-L5G-1」は、一般的なサーバー上で動作。

- ローカル5G向けの4.7G～4.9GHzの周波数帯に対応

■ 価格は「基地局や置局設計、運用支援などすべて含めて2,000万円程度。

- 現状、数億円から数千万円かかるといわれるローカル5Gの導入と比較すると割安感

■ 東大中尾研、FLARE Wireless、NECネッツエスアイの事例

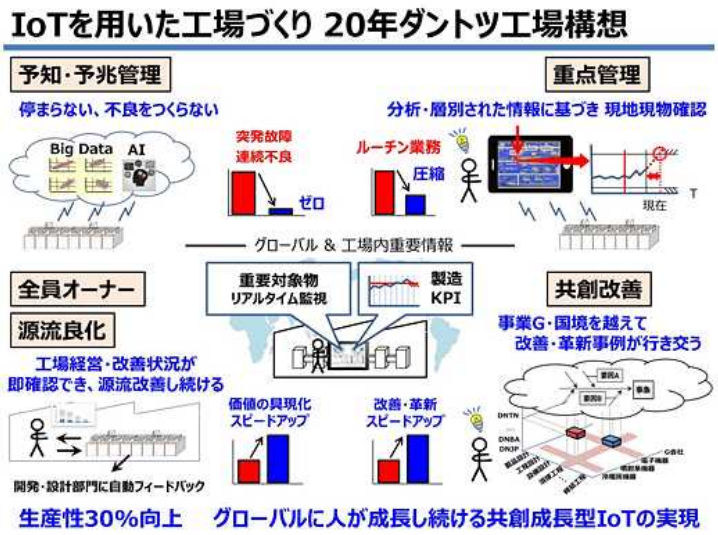
[画像のクリックで拡大表示]
提供するソフトウエア基地局「FW-L5G-1」。一般的なサーバーで動作する
（出所：NECネッツエスアイ）

項目	諸元
対応周波数帯	２つのパターンから選択 4.7GHz~4.8GHz/4.8GHz~4.9GHz
最大出力	+23dBm(200mw)
アンテナゲイン	指向性アンテナ 12dBi
最大チャネル帯域幅	100MHz
MIMOレイヤ数 DL,UL	DL　2*2 MIMO UL　2*2 MIMO
変調方式 DL, UL	256QAM
最大スループット DL,UL	理論値 DL:800Mbps　UL:220Mbps
NWインターフェース	Ethernet 1Gbps　×１保守用 Ethernet 1Gbps　×１　データネットワーク接続点
時刻同期	GPS
対応電源	AC100V
重量	20Kg程
サイズ（高さ×幅×奥行）	（W）285mm x （H）513mm x （D）471mm
動作温度	0℃～4 0℃

出所：https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01537/00138/

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

自動車産業にはIoTを用いた異常検知、状態監視のノウハウの蓄積が豊富に存在

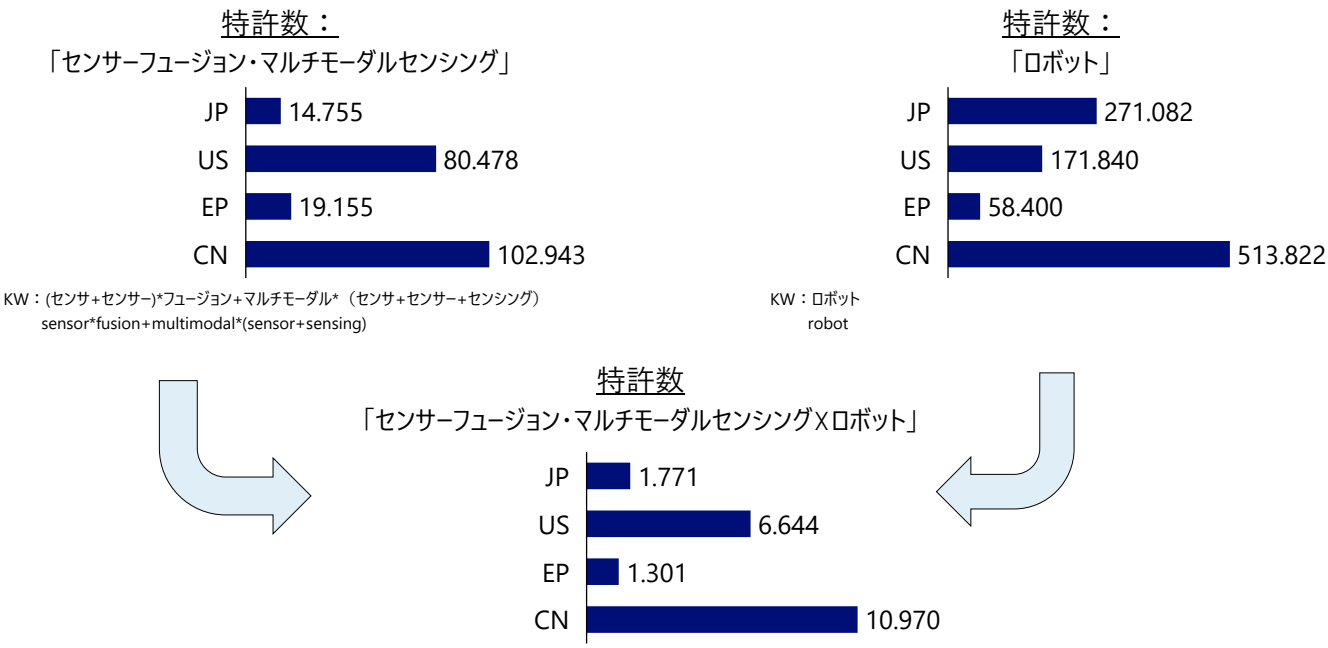


出所：IoTを用いた20年ダントツ工場構想（出典：デンソー提供資料）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

マルチモーダルセンシング、センサーフュージョンとロボット（身体知）を組合せた技術開発力

■ 機械学習（「センサーフュージョン・マルチモーダルセンシング」）では日本のポジションは低いが、強みであるロボットと組合せた技術開発力（「センサーフュージョン・マルチモーダルセンシングXロボット」）では一定の存在感を保有



出所：Cyberpatent Desk

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

エッジAIIoTの高信頼性に向けた開発：加工条件等の協調学習、バリデーション

参考：記号創発ロボティクス

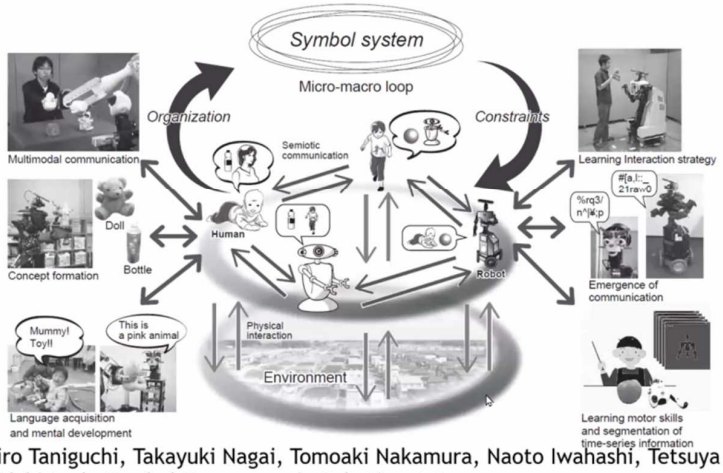
■実世界の身体的経験と他者との相互作用に基づき言語を獲得しコミュニケーションを可能とする（シンボリズムとコネクショニズムの融合）記号創発ロボティクス等の研究においても日本は先行している

SURVEY PAPER

Symbol emergence in robotics: a survey

記号創発システム論＝
言語コミュニケーションの成り立ちを創発システムの視点から理解し構成的に理解する.

Tadahiro Taniguchi[a], Takayuki Nagai[b], Tomoaki Nakamura[b], Naoto Iwahashi[c], Tetsuya Ogata[d] and Hideki Asoh[e]



Tadahiro Taniguchi, Takayuki Nagai, Tomoaki Nakamura, Naoto Iwahashi, Tetsuya Ogata, and Hideki Asoh, Symbol Emergence in Robotics: A Survey
Advanced Robotics, .(2016)DOI:10.1080/01691864.2016.1164622

出所：立命館大学 情報理工学部 谷口忠大 『記号創発ロボティクス』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

エッジAIユースケース開発バリデーション：エッジAI用ソフトウェア環境の整備

日本の強みである製造業の現場の知恵を掛け合わせたシステム技術・実装技術の開発

■NEDOプロジェクトで既に展開中のAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発の社会実装に向けた技術バリデーションのための実装技術開基盤の整備の重要性は高い。

- 製造業はキラーアプリケーションであり、エッジAIはと5Gの親和性が高い。
- 一方で、現行の技術開発事業は要素技術開発が中心であり、日本の強みである製造業の現場の知恵を掛け合わせるためのビジネス実験的、テスト駆動型のアプローチの有効性が高い（共創・エコシステム形成により『魔の川』を超える）

日本の産業の強み（エッジ側及びエッジ側から得られるデータ）

- 自動車（トヨタ、日産、ホンダなどOEM、デンソー、アイシン、などTier 1）
- 産業用ロボット（ファナック、安川電機、など）

強みの組み合わせ

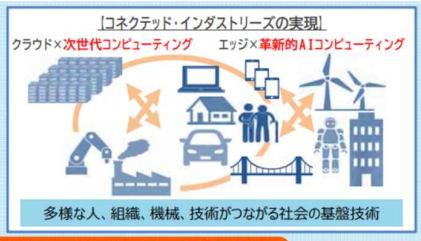
今後のポストムーア時代を支える技術

『スピントロニクス』…磁性体材料に関する基礎研究の長い蓄積あり

『各種センサ』…イメージセンサなど、日本企業が市場を席巻している分野

『量子アニーリング』…東工大の西森教授らが量子アニーリングの手法を提唱

『脳型コンピューティング』…脳科学研究を世界的にリード



革新的AIエッジコンピューティング技術の開発

- エッジ側では電力等の制限が厳しく、革新的AIチップを用いたエッジAIコンピューティングの省エネ化に関する開発を実施。
- エッジAIコンピューティングの開発では、良質なデータを用いた用途毎の擦り合わせが重要。ソフトとハードを一体化する技術開発等を実施。

次世代コンピューティング技術の開発

- 中期的には高速化と省エネ化を実現するコンピューティング技術開発を実施する。
- 長期的には、現状を打破する破壊的イノベーションの創造に向けた新原理コンピューティングの技術の開発等を実施する。

高度なIoT社会を実現する横断的技術開発

- 大量のデータの効率的かつ高度な利活用を実現する情報の収集、蓄積、解析、セキュリティ等に関する横断的技術開発を実施する。

出所：経済産業省 『高効率・高速処理を可能とするAIチップ次世代コンピューティング技術開発事業説明資料』

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

エッジAIユースケース開発バリデーション：エッジAI用ソフトウェア環境の整備

エッジAIは実装までの時定数が短くレッドオーシャン化しつつあるため、要素技術からシステム・実装技術開発へのハンドオーバー、ならびにリソース強化を図ることの重要性は高い

基礎研究・応用研究 → 魔の川 → 開発・実証 → 死の谷 → 技術移転 → ダーウィンの海 → 社会実装

要素技術開発

AIチップ・次世代コンピューティングの技術開発（NEDO）

システム技術・実装技術開発

ユースケース開発バリデーション
（ユーザ・ベンダ協調開発の拡大）

- ビジネス実験的、テスト駆動型のアプローチ
  ↓
- 製造業の品質管理がキラーアプリの候補
  - データ流通・品質との連携
  - MES導入のモチベーションとの親和性
    →ENAAとの連携
    （MESへの関心度が高いユーザへの共同アプローチ等）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

次世代AI

量子計算
（組合せ最適化問題）

ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク
（動的再構成、省エネ）

持続性
（CE・CNXデジタル）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国の保有リソースと技術開発課題（ミッシングピース）

ダイナミックケイパビリティ実現（複雑なスケジューリング、フレキシブルなライン変更等）に向け日本が得意とする量子アニーリングの製造業への実装を加速することが必要

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素（保有リソース）	ユーザ	＜強み＞ • 量子アニーリングの製造業におけるPoC活動が活発 • 日本のものづくりに特徴的なスケジューリングの複雑さなど組合せ最適化による『取れ高』が大きい ＜弱み＞ • 製造業DXの遅れ
	メーカ・ベンダ	＜強み＞ • 量子アニーリング方式の要素技術開発の蓄積 • 疑似量子アニーリング（古典イジングマシン）の実用化が進む ＜弱み＞ • 量子コンピュータに対する研究開発投資で海外に大きく劣後 量子ゲート方式では相対的に海外に出遅れ気味、組合せ最適化問題における量子ゲート方式（QAOA等）による量子アニーリング方式の代替可能性）
技術開発課題（ミッシングピース）		• 生産技術エンジニアの減少→『複雑なスケジューリング』への量子アニーリング適用 – 日本は生産計画変更が多発しスケジューリングが煩雑（標準MESで対応しきれない要因のひとつ） – 今まで人で対応（生産技術エンジニアが暗黙知で対応）していたが10年で1/3にまで減少 – 生産ラインのフレキシブル化に伴うジョブショップの動的再構成→『AGV、モビリティロボットのリアルタイム全体最適制御』への量子アニーリングの適用 – 古典コンピュータではフレキシビリティの上限制約が存在（組合せの爆発）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素

日本の量子アニーリングのPoCの一例

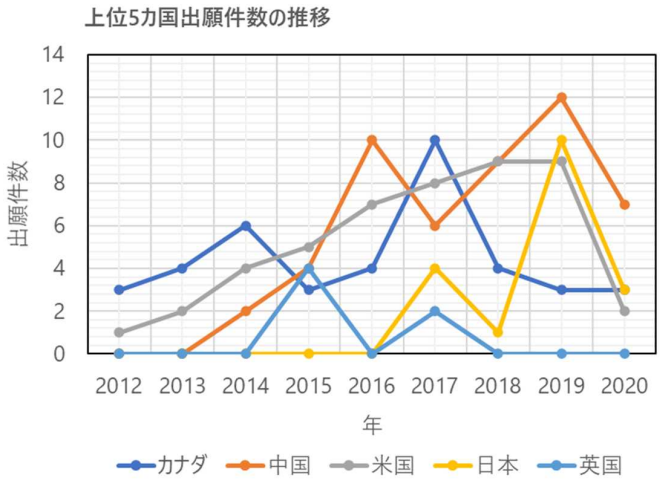
	企業	研究テーマ	研究パートナー
金融	ゴールドマンサックス	デリバティブ計算シミュレーション、ポートフォリオ最適化	QCware
	JPモルガンチェース	金融リスクモデリング、オプションプライシング、量子計算オラクル	IBM、Honeywell
	シティグループ	モンテカルロシミュレーション	IBM
	ウェルスファーゴ	新金融サービスの開発	IBM
	BBVA	ダイナミックポートフォリオ管理/アービトラージ/デリバティブ	CSIC/アクセンチュア/Multiverse/Zapata
	スタンダード・チャータード	ポートフォリオシミュレーション	Space Research Association
	MUFG	資産運用、暗号、リスク計算	IBM
	コモウェルス銀行	ポートフォリオリバランシング	Rigetti
自動車	ダイムラー	製造工程の最適化	IBM、グーグル
	BMW	機械学習を用いた製造管理エンハンスメント	IonQ/EntropicaLabs
	フォルクスワーゲン	フリート最適化	D-Wave
化学	メルク	量子機械学習を用いたサプライチェーン最適化	IonQ/Zapata
	三菱ケミカル	Li-airバッテリィの開発	IBM
	JSR	新素材開発	IBM/Qunasys/CambridgeQauntum、QSimulate
物流	DHL	カーゴパッキングの最適化	IonQ/CambridgeQuantum
	エクソンモービル	海上航行する商船の運航最適化、量子化学シミュレーション	IBM
製造	サムソン電子	半導体物質の分子シミュレーション	IonQ/インペリアルカレッジロンドン
	ボーイング	航空宇宙イノベーションのための高度計算	IBM
	エアバス	航空課題の解決	QCware

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素

量子アニーリングの出願特許数で日本は米国、中国、カナダに次ぐポジション

量子アニーリング方式の上位5カ国出願件推移



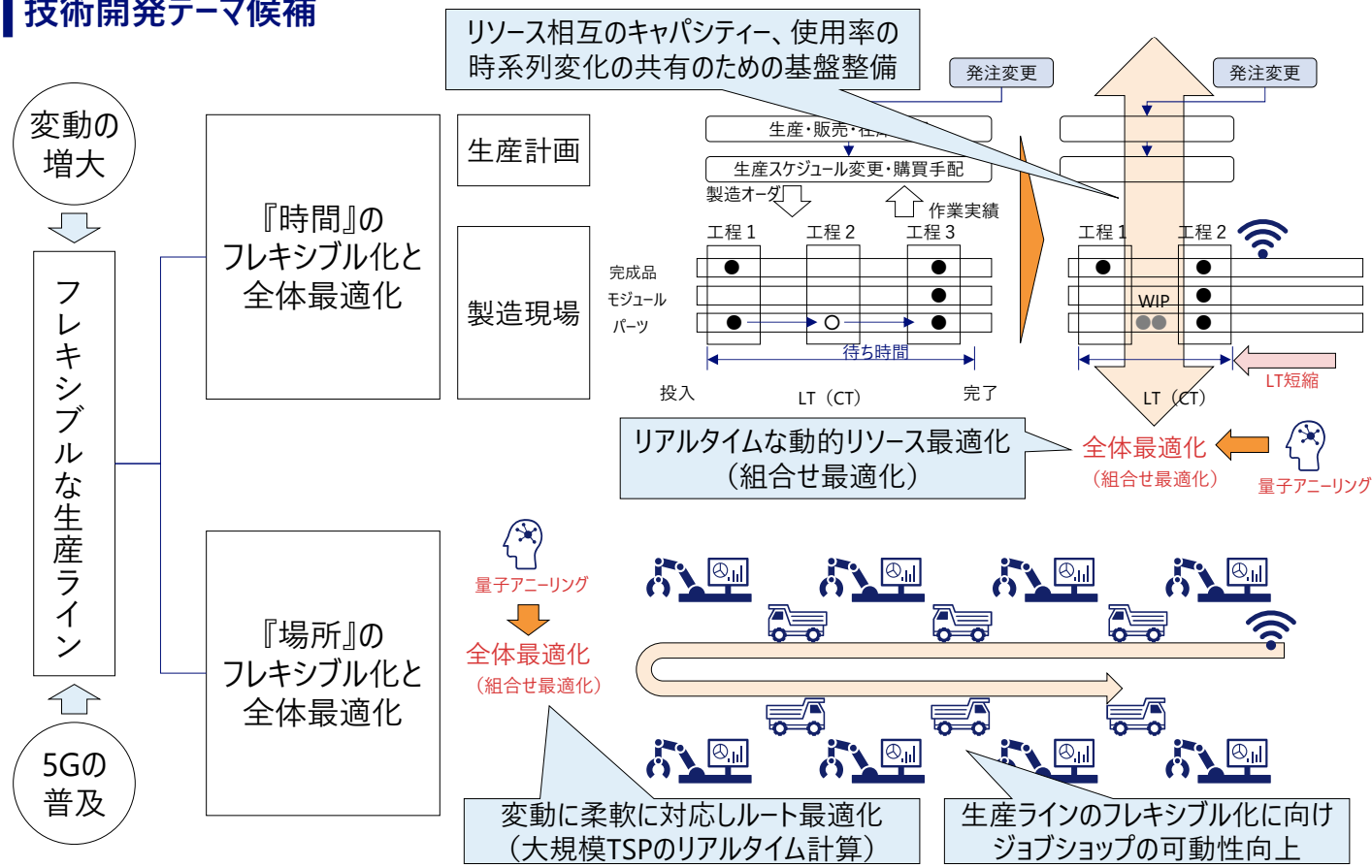
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

テーマ	概要	背景（現状の課題）
『複雑なスケジューリング』への量子アニーリング適用	• リソース相互のキャパシティー、使用率の時系列変化の共有のための基盤整備 – ライン間→工場・拠点間→企業間（サプライチェーン横断）と範囲を拡大しリソースを最適化（範囲拡大に伴い複雑性が指数関数的に増大） – セキュリティ、データ主権（アクセス管理等）が重要 • リアルタイムな動的リソース最適化（組合せ最適化） – 製造現場のスケジュール最適化と生産計画へのフィードバック – リソースマッチング（ダイナミックプライシング等）による効率化	• 日本の生産現場は発注変更等に柔軟に対応するべく複雑な生産スケジュールに対応 – JITの副作用（変動を認めないことにより時間あたり生産性が返って低下）への手当の必要性 • マスカスタマイゼーションによる多品種小ロット生産化による生産管理の高度化要求の高まり • サプライチェーン、エンジニアリングチェーン全体でのダイナミックケイパビリティ確保に向け複雑な生産スケジューリングの組合せ最適化が必要
『AGV、モビリティロボットのリアルタイム全体最適制御』への量子アニーリングの適用	• 生産ラインのフレキシブル化に向けジョブショップの可動性を高め、製造対象の変化等内在的変動や生産計画の変更等外在的変更に対応する為、AGV、モビリティロボット等の移動を全体最適化 – 生産ラインのフレキシビリティ向上に伴い可動リソース（設備・装置、人等）の対象範囲が増大すると古典コンピュータでは対応できなくなる	• マスカスタマイゼーションによる多品種小ロット生産化、経済安全保障や伝染病等によるサプライチェーン、エンジニアリングチェーンの混乱など製造業の生産を巡る内在的、外在的な変動が増大する傾向が益々強まる。 • 一方、5G等の実用化により生産ラインの無線対応が進みフレキシブルな生産ラインに向けた基盤の整備が進む。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

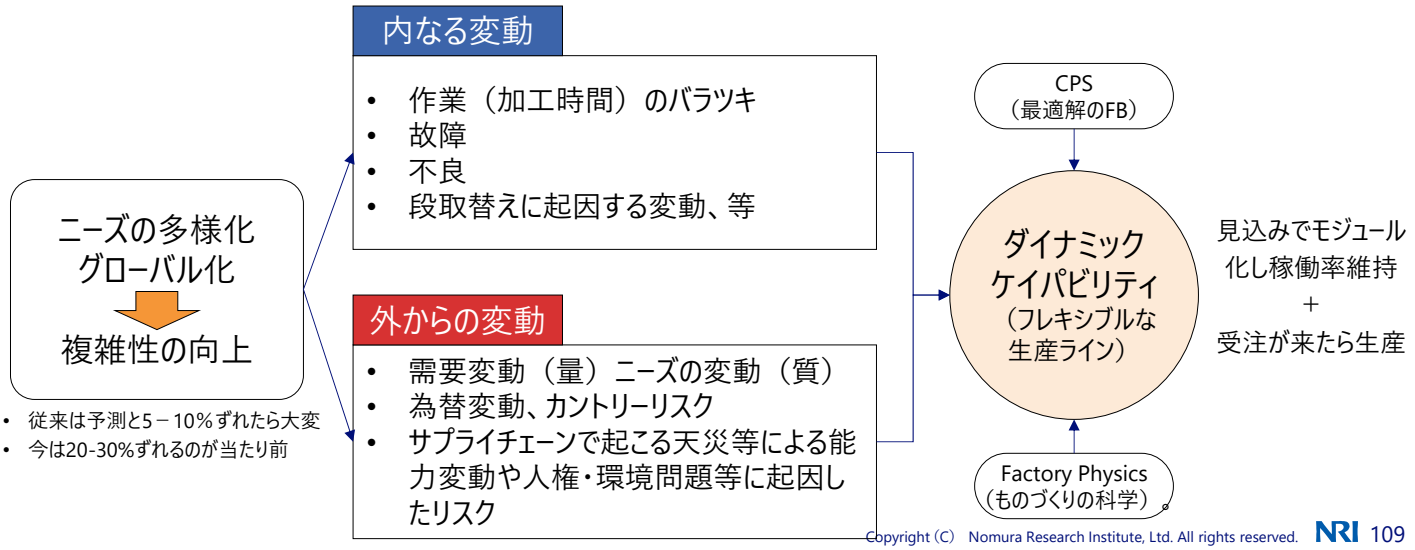
量子コンピュータの必要性（古典コンピュータの限界）

増大する変動に対応すべくダイナミックケイパビリティを実現するためには組合せ最適化が必須

■製造業においては多様化するユーザーニーズへの対応、外部の変動への対応力（レジリエンス）強化に向けて少品種大量生産、生産のフレキシブル化に対応する必要性が向上。

- ユニバーサルデザインの限界（典型例としてのファストファッションの急激な凋落）
- グローバル化に伴うSC、ECの伸延による変動の拡大
- 変動を認めた最適化の重要性への認識の高まり（Factory Physics）

■マスカスタマイゼーションの重要性向上と生産自動化の流れ。

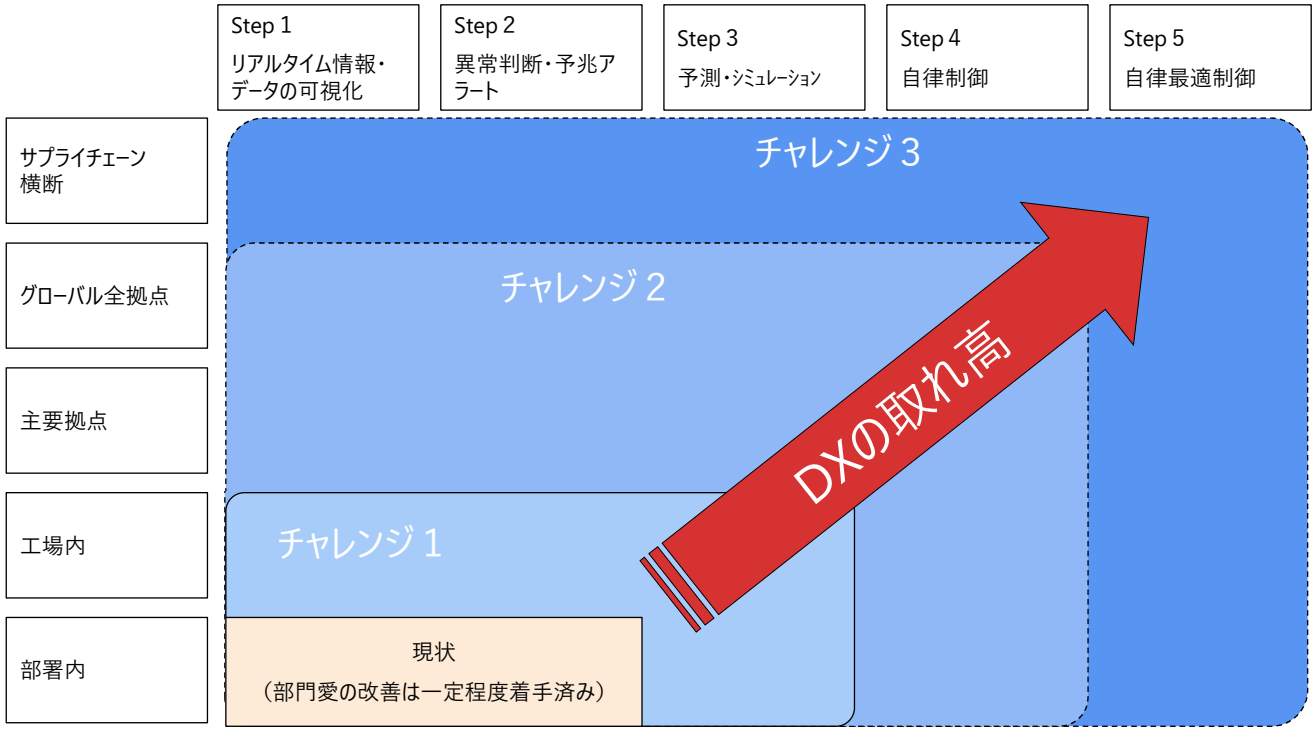


Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

量子コンピュータの必要性（古典コンピュータの限界）

範囲拡大に伴い複雑性が指数関数的に増大

■ ライン間→工場・拠点間→企業間（サプライチェーン横断）と範囲を拡大しリソースを最適化



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

次世代AI

量子計算
（組合せ最適化問題）

ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク
（動的再構成、省エネ）

持続性
（CE・CNXデジタル）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国の保有リソースと技術開発課題（ミッシングピース）

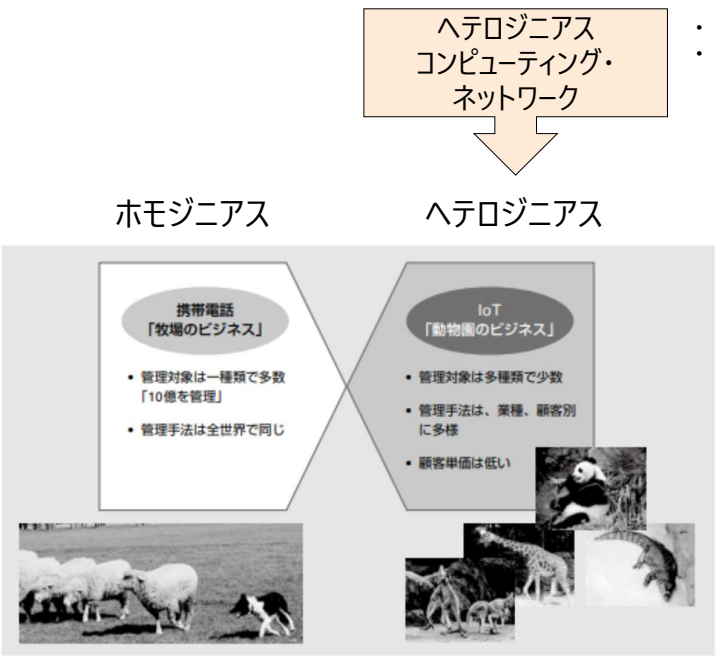
フレキシブルな生産ラインの実現に向け、日本が得意とするIoT活用の知見を活かし、製造現場の多種多様なリソースに対応し環境追随性に優れたヘテロリソース最適化の実現が必要

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素（保有リソース）	ユーザ	＜強み＞ • IoT活用の事例とユースケースの蓄積 （異なる通信環境での運用としての建機自動運転等） ＜弱み＞ • 製造業DXの遅れ
	メーカ・ベンダ	＜強み＞ • ヘテロジニアスネットワークや次世代ネットワーク基盤に関する研究開発の蓄積 （NTT等のTacit Computing、IOWNなど） ＜弱み＞ • 仮想化技術、ヘテロジニアスコンピューティングでは相対的に海外が先行 • キラーアプリのひとつではスマートシティでは欧米、中国が先行
技術開発課題（ミッシングピース）		• 製造現場には多種多様なリソース（機器、人等）が存在→リソース仮想化とデータ連携・検索技術 – データ連携基盤の展開等 • フレキシブルな製造ラインに向け環境追随性が必要→ヘテロ環境・リソース最適化技術 – 多種多様なリソースからサービス・エリア特性に応じて適材適所でのリソース最適化を動的に行う • 製造業でのAI利用拡大とCN→計算資源の最適化と省エネ対応（ヘテロジニアスコンピューティング） – 計算資源の多様化（CPU、GPU、FPGA、ニューロモルフィック等） – CO2排出源としての製造業の社会的課題の重要化

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素

IoTは「動物園」でありヘテロ対応が必須、日本はIoTで先行した強みを保有



出所：知的資産想像2016年4月号

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

テーマ	概要	背景（現状の課題）

リソース仮想化とデータ連携・検索技術とヘテロ環境・リソース最適化技術	• リソース仮想化技術
	  • 製造業の要求レベルへの対応（ハードリアルタイム性、QoS等）
	• データ連携基盤
	  – ライブデータ検索技術（ユーザにとって必要なデータを提供するデバイスを検索）
	  – セマンティックウェブ技術の応用、等
	• 自律分散制御
	  – 無線対応（5G対応）
	  – AIを活用したネットワーク自動最適制御
	  – 製造業の要求レベルへの対応（ハードリアルタイム性、QoS等）
		• CPSに対するニーズが高まるなか、製造現場の多種多様な機器のデジタルツインをCyber空間上に射影する上では環境依存性を抑えリソース仮想化することが求められる
		• 時々刻々と変化する製造現場の状況に対応するためライブデータの検索や意味・文脈を理解したセマンティック技術の適用の効果が高い
		• 製造現場への5G等無線技術の導入に向け製造業の要求レベルに耐えうる自律分散制御が求められる

計算資源の最適化と省エネ対応（ヘテロジニアスコンピューティング）	• AFN（All Photonics Network）のヘテロジニアスコンピューティング適用 – 光インターコネクト、光分散コンピューティングのPoC、等	• 製造業におけるAI活用が進むことに伴いインテリジェンスを実装するレイヤ（クラウド、エッジ）とともに実装する計算資源（CPU、GPU、FPGA等）の最適化が必要となり高速処理性能、省エネ性能などの観点からNTTのIONW構想に代表されるように日本が注力しているAFNの適用が期待される

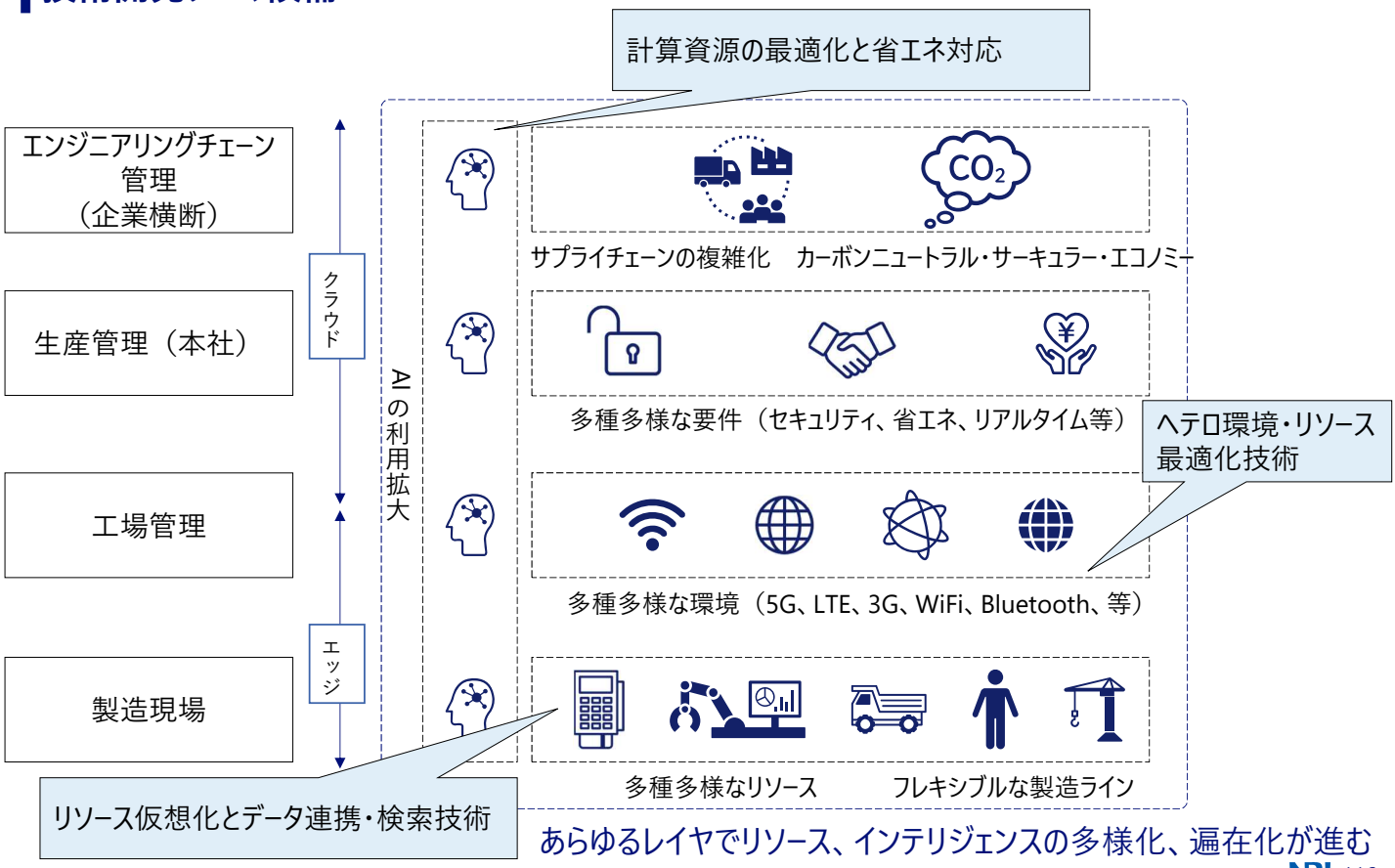
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

テーマ	概要	背景（現状の課題）
ヘテロジニアスネットワーク・コンピューティングの製造業ユースケース開発バリデーション	• 5G製造業アプリとヘテロジニアスネットワーク・コンピューティングの融合（製造業用バリデーションプラットフォームの開発） – 協調開発、PoCの環境整備、等	• 5Gの製造業への応用に向けた動きが活発化するとともに多種多様なリソースが存在し、マスカスタマイゼーションに伴い管理の管理の複雑性（内在的変動）やサプライチェーンの混乱（外在的変動）に対応する必要性が高まりつつあり、ユーザ、メーカ・ベンダが協調してPoCを実施できる環境・場としてのバリデーションプラットフォームの重要性が高まりつつある

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補



Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

次世代AI

量子計算
（組合せ最適化問題）

ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク
（動的再構成、省エネ）

持続性
（CE・CNXデジタル）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

我が国の保有リソースと技術開発課題（ミッシングピース）

ものづくりの持続性の確保は製造業の経営課題（対応できないと投資不適格）であり、価値連鎖横断での可視化と死荷重低減に向けたデータ連携・遠隔監視制御基盤が求められる

我が国が強み・弱みを有する技術開発要素（保有リソース）	ユーザ	＜強み＞ • 省エネ技術、低環境負荷技術の蓄積 ＜弱み＞ • 標準化の遅れ – アーキテクチャ（DFRに適した製品設計、等） – 法規制（Right to repair、等）
	メーカ・ベンダ	＜強み＞ • 省エネ技術、低環境負荷技術の蓄積 ＜弱み＞ • 製造業のDXの遅れ • データ駆動モデルとデータ連携基盤の遅れ （サプライチェーン、バリューチェン、ライフサクル横断でのデータ流通、等）
技術開発課題（ミッシングピース）		• 価値連鎖横断での正味の環境負荷（CO2排出等）の可視化→データ連携基盤 – セキュリティ、データアクセスコントロール（AAS等） – ブロックチェーンの応用 • 稼働率向上、無駄低減による死荷重の削減→遠隔監視・制御基盤 – 遠隔診断・メンテナンス・運用（MR活用、クラウドPLC等）

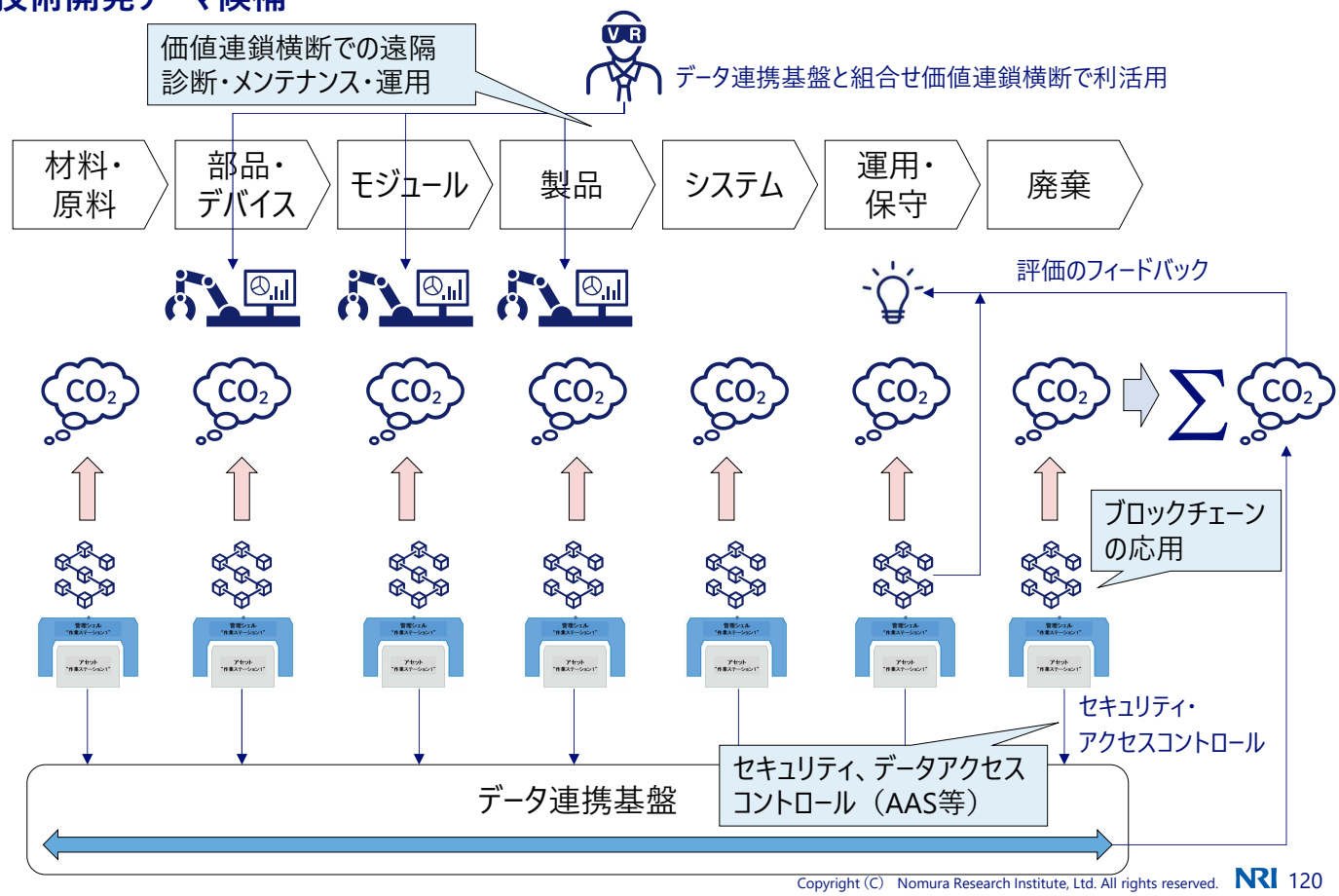
Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

テーマ	概要	背景（現状の課題）
データ連携基盤	• セキュリティ、データアクセスコントロール（AAS等） – 要素技術のPoC（システム技術・実装技術の要件化） – 国際協調・連携（相互接続性の確認等）、等 • ブロックチェーンの応用 – 価値連鎖上の主体の活動（環境負荷）の可視化 – 評価のフィードバックの仕組み、等	• 欧州のGAIA-X、IDSAなどデータ連携基盤の強化とそれを活用した製造業の競争力強化に向けた競争が激化しており、日本も強化が必要 • 要素技術はある程度開発されており、それを社会実装する上でのシステム技術・実装技術の要件をPoCを通じ具体化することが課題 • 価値連鎖の主体の活動の可視化に向けブロックチェーンの応用のPoCも重要
遠隔監視・制御基盤	• 上記データ連携を用いた価値連鎖横断での遠隔診断・メンテナンス・運用（MR活用、クラウドPLC等）などのPoC	• 既に実用化されている予兆保全やコロナ禍で進んだMR等の技術を上記データ連携基盤と組合せ個社単位ではなく価値連鎖横断で利活用するための要件の具体化が求められる

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

技術開発テーマ候補

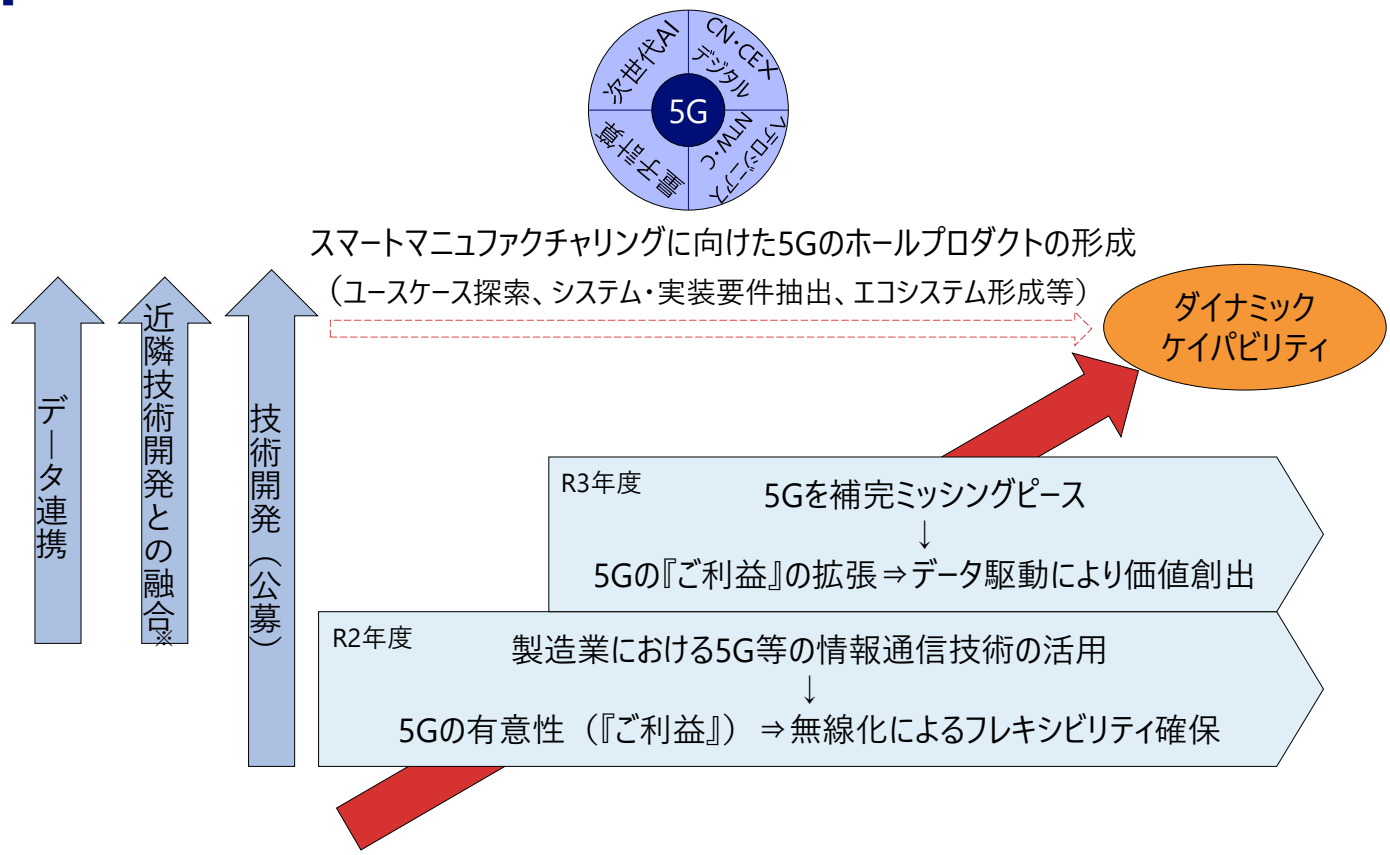


Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

無線通信技術の利活用拡大に向け求められる施策
（5Gとミッシングピースの組合せ）

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

5Gとミッシングピースを組合せスマート製造の実装要件抽出と効果検証のサイクルを高速化



※：NEDO「「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発」等

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

②国内工場における MES（製造実行システム）導入動向等調査

次世代スマート工場のエンジニアリング研究会　事例調査分科会 委員名簿

委員名	研究会内役職	所属・役職
松川　弘明	主査	慶応義塾大学　管理工学科
佐藤　知一	幹事	日揮ホールディングス(株)　グループ経営企画部
神田橋　嗣充	副幹事	平田機工(株)　グローバル事業本部
藤野　直明	分科会リーダ	(株)野村総合研究所　産業 IT イノベーション事業本部
藤浪　啓	委員	(株)野村総合研究所　コンサルティング事業本部 ICT メディアコンサルティング部
井川 玄	委員	千代田化工建設(株)　デジタルトランスフォーメーション本部
三川 稔	委員	千代田化工建設(株)　医薬品プロジェクト部
渡邉　寛	委員	(株)アイ・ピー・エス
足利　国洋	委員	(株)アイ・ピー・エス　事業開発室
久下　直彦	委員	(株)アイ・ピー・エス　事業開発室
山中　一克	委員	(株)竹中工務店　エンジニアリング本部　製造・物流施設本部
猪股　顕文	委員	横河ソリューションサービス(株)　ソリューショビジネス本部 コンサルティングセンター
神崎 淳二	委員	横河ソリューションサービス(株)　インダストリー統括本部インダストリーソリューションセンター4 部
一力　ゆう	委員	(株)大林組　エンジニアリング本部　生産施設計画部
（次ページに続く）		

主な執筆分担は次の通り　・・・1 章 藤浪・川村、2 章 神田橋、3 章 一力、4 章 久下・山中
5 章 井川・三川、6 章 川村、7 章 佐藤、8 章　佐藤

事務局：(一財) エンジニアリング協会 技術部
部長　国武 宏 / 研究主幹　川村 武也

次世代スマート工場の研究会　事例調査分科会 委員名簿(続)

委員名	研究会内役職	所属・役職
渡辺　薫	委員	ゴール・システム・コンサルティング(株) チーフカスタマーサクセスオフィサー
谷口　光一郎	委員	日揮（株）　プロジェクトソリューション本部
入野　光広	委員	(株)野村総合研究所　　産業 IT イノベーション事業本部 産業デジタル企画部
中津　智史	委員	(株)インターネットイニシアティブ　プロフェッショナルサービス第一本部
坂本　惇	委員	日揮(株)　未来戦略室
藤城　孝宏	委員	(株)日立製作所　社会イノベーション事業推進本部 事業創生推進本部　事業開発本部
吉田 高志	委員	ロックウェル・オートメーションジャパン(株) パートナー戦略事業本部
水上 潔	委員	ロボット革命・産業 IoT イニシャチブ協議会（RRI）　（日本機械工業連合会内）WG1　ＩｏＴによる製造ビジネス変革
小野田　拓也	委員	大成建設(株) エンジニアリング本部 エンジニアリングソリューション部 スマートファシリティーソリューション室
深堀 竜也	委員	(株)電通国際情報サービス　DER 技術 1 部
吉田　信文	委員	(株)トクヤマ　経営企画本部 IT 戦略センター 生産システムグループ

目 次

1章 調査の背景と目的 ・・・ 5
1.1 本調査の背景 ・・・
1.2 本調査の目的 ・・・ 7
1.3 本調査の実施項目 ・・・ 8
1.4 本調査結果の概要 ・・・ 10
1.5 用語“MES”について ・・・
2章 MES/MOM主要プレイヤーの製品分析（国内、海外） ・・・ 11
2.1 プレイヤー概要 ・・・
2.2 各社のMES製品概要 ・・・ 12
2.3 MES製品内容とその分析 ・・・ 14
2.4 MESベンダー各社が考える市場戦略について ・・・ 21
3章 MESの導入・活用状況の分析：アンケート調査 ・・・ 24
3.1 MESの導入状況 ・・・
3.2 MESの導入目的・ニーズ ・・・ 29
3.3 MESの導入に向けた課題 ・・・ 33
3.4 MESと他システムとの連携等 ・・・ 35
4章 MESの導入・活用に向けた課題の分析：インタビュー調査 ・・・ 40
4.1 デプスインタビューの目的 ・・・
4.2 デプスインタビュー先の選定 ・・・
4.3 デプスインタビュー結果の概要 ・・・ 42
4.4 デプスインタビューからの気づきと考察 ・・・ 64
5章 MESの先進取組み事例 ・・・ 73
5.1 ディスクリート系とプロセス系でのMESの違い ・・・
5.2 事業環境からMESに求められる要件 ・・・ 74
5.3 MES導入における先進的な取組み事例 ・・・ 76
6章 MES関連規格の考察 ・・・ 84
6.1 MES関連規格の全体像 ・・・
6.2 MES関連規格の考察 ・・・ 98
7章 MES/MOMの普及・利活用に向けた戦略 ・・・ 102
7.1 調査結果から見た我が国製造業の現実と課題 ・・・
7.2 MES/MOMが提供する価値とは ・・・ 103
7.3 MES/MOMの適用範囲と他システムとの関係 ・・・ 106
7.4 MES/MOM導入プロセスと障害の克服案 ・・・ 110
8章 MES/MOMの普及・利活用ロードマップ案 ・・・ 113
8.1 生産改革のシナリオ ・・・
8.2 MES導入のロードマップ ・・・ 114
8.3 MES推進に必要な事項と課題 ・・・ 117
8.4 施策提案 ・・・ 118
8.5 次年度の検討課題 ・・・ 121

用語解説　・・・　122
参考文献　・・・　126
付録 1. 国内主要工場に於ける MES 導入実態調査報告書 2021 年 11 月(株)富士経済　作成　・・・　129
付録 2. 次世代スマート工場のエンジニアリング研究会主催 MES シンポジウム（2021 年 10 月 7 日）概要　・・・　172

1章 調査の背景と目的

1.1　本調査の背景

一般財団法人エンジニアリング協会（以降、ENAA と略）では、株式会社野村総合研究所殿（以降、NRI 殿と略）より「国内工場における MES（製造実行システム）導入動向等調査」を請負業務として受注した。本書はその成果報告書である。

本業務は、NRI 殿が経済産業省製造産業局より受託された「令和３年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（ルール形成戦略に係る調査研究（無線通信技術の本格活用を通じたフレキシブルでスマートな製造現場の実現を可能とする国際的な市場の創設に関する調査))」の一部としても位置付けられている。

1) 製造業の経営環境変化と日本の製造業が抱える問題

製造業は日本の基幹産業であるが、今後の競争力の維持、持続性などに関する下記の様々な課題を抱えている。

- 新型コロナウィルス禍によるサプライチェーン・エンジニアリングチェーンの寸断
- 米中対立による経済安全保障リスクの懸念
- 少子高齢化等に起因する人手不足と現場の知見の散逸
- 工場海外移転等に起因する国内工場への設備投資停滞および工場設備の老朽化
- 顧客ニーズの多様化に伴うマスカスタマイゼーションの進行
- その他

製造業を取り巻く経営環境における不確実性は益々増大している。

不確実な経営環境に対応するためには、製造業の企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）[19)]を高める必要が高まっている。しかし、日本の製造業のデジタルトランスフォーメーション（DX）は、これら経営環境の変化に十分対応している状況にあるとは言えず、業務標準化の遅れや属人的改善による部分最適（全体最適目線の欠如）など将来に向けた問題を抱えている。

このような中、5G 無線技術等を活用した新たなスマートマニュファクチャリングなど、更なる製造業の革新も求められている。一例をあげると 5G の高信頼低遅延性を活かしたサイバーフィジカルシステムの実現、5G の高速大容量性を活かした中央制御による全体最適化、5G の多数同時接続性を活かしたデータ駆動型自律学習等である。

工場はコストセンター（コストのみが計上され、利益が計上されない部門）であり品質、納期を守ってコストダウンを図れればよいという日本の従来通りの経営感覚だけでは国際競争を勝抜くことが難しくなっている。そうではなく、工場は利益の源泉であり、ダイナミック・ケイパビリティ獲得のための重要拠点であるとの認識の下、積極果敢な工場設備投資を敢行していく経営戦略が必要となる。

2) データの重要性と海外製造業の動向

このような潮流の中で近時、注目されるのはデータの重要性である。

デジタル技術により創出されるデータは指数関数的に増大しており、アナログデータも多い製造業においては、これらを如何にデジタル化し活用するか等の課題をまず解決する必要がある。

その上で、デジタルデータを企業・業界を跨いで利用する、サイバーフィジカルシステムによるシミュレーション等で全体最適解を導出する、といった動的対応力を獲得する必要がある。

国外に目を向けると、製造業DXの加速、ソフトウエアベースのビジネスモデルに基づく異業種から製造業への参入、データ連携によるビジネスモデル革新といった製造業DX加速が進行している。

欧州のGAIA-X[21)]やSkywiseなど、新たなデータ連携プラットフォーム構築の動きも報じられている。これらのデータ連携プラットフォームでは、バリューチェーン全体でデータ主権を守りつつデータ流通を図る、ユーザーによる製品利用情報をサプライヤーへフィードバックし品質改善、カーボンニュートラルやサーキュラー・エコノミーの実現を図る、など、投資家からの要請に応える、全体最適化による価値創出を図るといったことも企図している。

日本は今でも帳簿確認が原則などの例に象徴されるように、データ利活用の面で海外に大きく劣後している。日本の製造現場は本質的に高い競争力を有しているものの、DXの遅れが製造現場ひいては製造業そのものの価値を大きく毀損していくことも懸念される。

3) MES（製造実行システム）の重要性と国内での課題

上記の通り、日本の製造業の価値維持・拡大のためにはダイナミック・ケイパビリティの獲得が必須であり、そのためにはデータ連携による生産管理の全体最適化が鍵となる。

しかし、日本の製造業の多くの企業において、全社（経営）レベルの計画系・管理系システム、製造管理レベルの業務系システム、製造現場の制御系システムとが十分につながっていないという実態がある。

この問題を解決し、IT層とOT層をつなげるゲートウェイの役割を果たすのがMESであり、MES利用の普及拡大は製造業DX推進における第一歩、一丁目一番地であると言える。

日本の製造業におけるMESの重要性に関しては、2000年頃より問題提起されてきたものの、経営課題として必ずしも認識されていない、製造現場が従来の生産管理手法に執着しMESが十分に認知されていないなどの課題が存在する。

1.2　本調査の目的

本調査は、NRI 殿から提示された次の調査要求事項を満たすべく、ENAA の中に 2018 年より設置されている次世代スマート工場のエンジニアリング研究会（以降、スマート工場研究会と略）が実施した。

1) 国内外のユーザー及びベンダーにおける MES 導入・活用状況の調査
2) 上記に関連する国内外の主要なプレイヤーや製品の調査
3) 海外主要事業者（ユーザー・ベンダー）における先行取組事例
4) 我が国のベンダーを主体とした MES 関連製品や、ユーザー企業における MES 活用の普及に向けた戦略・道筋（ISA95 、IEC 62264 等の既存規格普及を含める）の調査
5) 上記調査を踏まえた、MES 活用ロードマップ、提言等の取りまとめ

スマート工場研究会は、事例調査、技術開発、人材教育の 3 つの分科会から成り、2022 年 1 月現在、次の企業、大学、団体から個人資格で参加する委員計 50 名により構成されている。

●慶應義塾大学、●日揮ホールディングス、●日揮、●野村総合研究所、●平田機工、●ゴール・システム・コンサルティング、●横河ソリューションサービス、●大林組、●インターネットイニシアティブ、●竹中工務店、●千代田化工建設、●日立製作所、●アイ・ピー・エス、●ロックウェル・オートメーションジャパン、●ロボット革命・産業 IoT イニシャチブ協議会（RRI）、●大成建設、●電通国際情報サービス、●トクヤマ、ＳＵＢＡＲＵ、日本電気、東洋エンジニアリング、テックプロジェクトサービス、ラック、ケイプラス・ソリューションズ、日産自動車、名古屋工業大学、ユビセンス・ジャパン、ニコン日総プライム、ヒロテック、フレクシェ

●を付したのは、この報告書作成を担った事例調査分科会に参加する委員の所属先であるが、これら参加企業・団体を MES のユーザー、ベンダーという観点で識別すると例えば次のようになる。いわば、Team of Rivals の体制（互いに競合する側面も有する関係者同士が寄り集まり、協調すべき側面を見出しながら、特定の成果を生み出していく体制）で調査・分析に取り組んだ。

MES ベンダー	横河ソリューションサービス、日立製作所、ロックウェル・オートメーションジャパン
MES ユーザー	日立製作所、トクヤマ
MES のエンジニアリング	日揮、平田機工、大林組、竹中工務店、千代田化工建設、大成建設
MES 関連 IT ツールのベンダー	アイ・ピー・エス（ERP）、電通国際情報サービス(スケジューラー)

スマート工場研究会では、次のような次世代スマート工場のレファレンスモデル（通称：中央管制システム）を提唱している。[23)]

「次世代スマート工場のレファレンスモデル　：　DX、IoT、CPS（Cyber Physical System）のような情報技術だけでなく、SE（Systems Engineering)、IE（Industrial Engineering)、工場物理学（Factory Physics）等の管理技術も取り入れ、工場を純粋な中央制御型でもなく、独立分散型でもない、新しい自律分散型の『中央管制システム』とするべきである。これにより、自動化、情報化、知能化を融合し、環境の変化に柔軟に対処できる国際競争力のある工場となる。」

1.3 本調査の実施項目

本調査では、一部スマート工場研究会としての自主事業も含め、次の事項を実施した。

1) 研究会内での認識をもとに、MES が国内で定着しない要因-結果仮説を建て（図 1.3-1 参照)、それに基づいてシンポジウム受講者へのアンケートを設問した。　⇒ 3 章
2) 研究会の人脈を広く活かして、MES ベンダー5 社による合同製品紹介を含めた「工場スマート化に必要な製造実行システム”MES”その現在と将来」と題したオンラインシンポジウムを 2021 年 10 月 7 日に行った。⇒　付録 2
3) 上記シンポジウムで製品紹介を行った MES ベンダー5 社に対し、後日の確認インタビューも実施し、現状における主要プレイヤーとしての分析を行った。　⇒　2 章
4) 上記シンポジウムオンライン聴講者のうち 308 名からオンラインアンケート回答を得ることができ、その集計と分析を行った。　⇒　3 章
5) 上記シンポジウムと並行して、専門調査会社である富士経済(株)に依頼して、自動車・電機・半導体・食品・化粧品・ケミカル、FA-IT ベンダー　計 10 社に対する MES 導入実態調査も行った。⇒　付録 1
6) アンケート回答者のうち、MES 導入/未導入など取り混ぜた計 11 社に対しデプスインタビューも行い、アンケート回答だけでは判断しかねる MES 導入実態の分析も行った。　⇒　4 章
7) 富士経済による調査結果、デプスインタビューによる調査結果の中から、今後の MES 普及にとって指針となりえる事例（先進的事例）の抽出、分析を行った。　⇒　5 章
8) MES の機能設定や運用評価に関する英文の IEC 規格、ISO 規格　計 6 件を購入し、ENAA 国際標準部会からの助言も得ながら、規格に書かれていることの識別と MES 導入実態との比較考察等を試みた。　⇒　6 章
9) 実施した諸調査・分析の結果を総合して、研究会としての MES/MOM 普及戦略およびロードマップ案をまとめた。　⇒　7 章、8 章

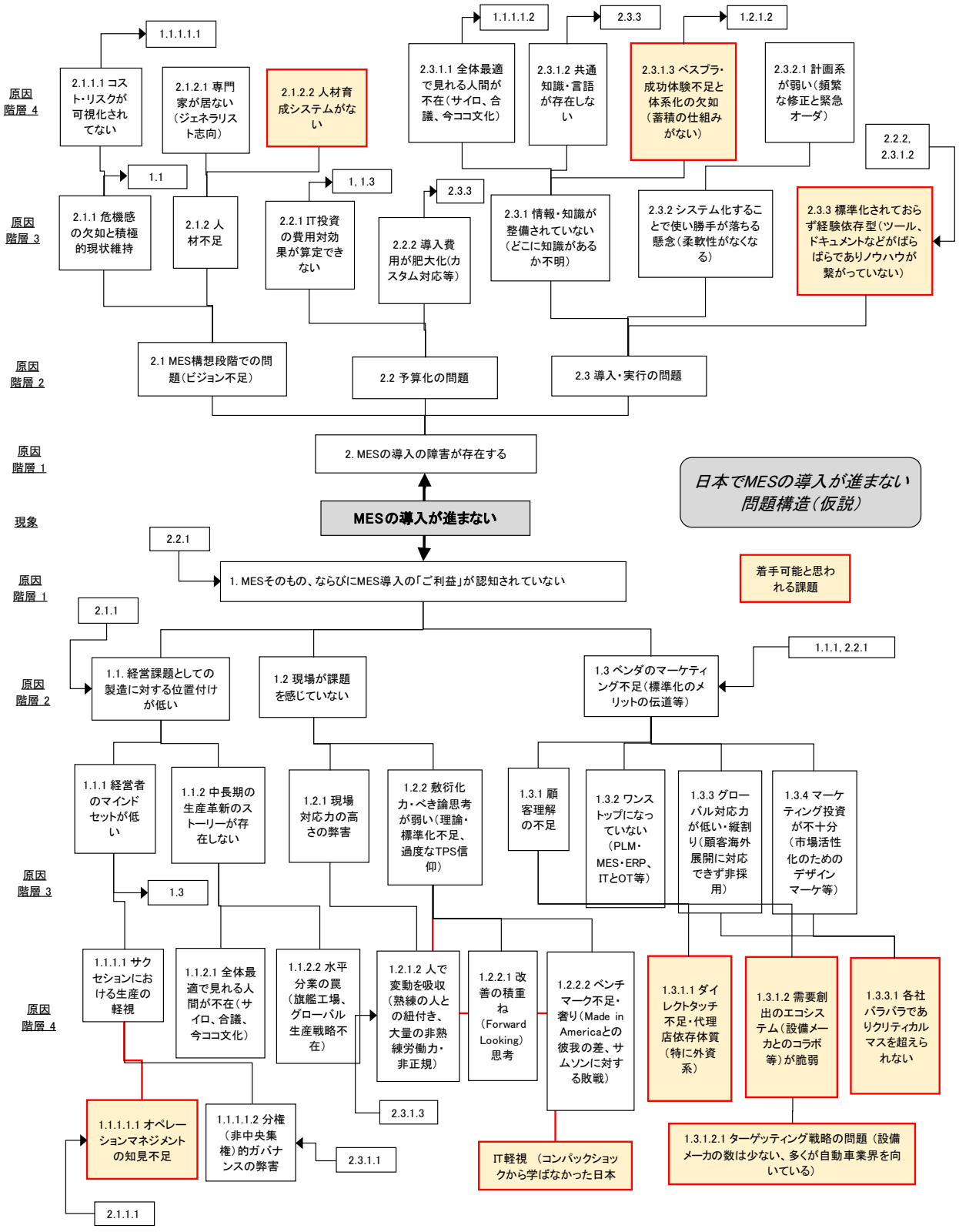


図 1.3-1　これまで国内での MES 普及が停滞してきた問題の構造仮説図

1.4 本調査結果の概要

前項に示す調査・分析事項を実施した結果、次のような成果・知見を得ることができた。

1) 調査開始前の仮説では、国内ディスクリート系製造業における MES 導入が依然停滞していると予想していたが、10 月のシンポジウムには 400 名を超える受講者が集まり、MES に対する関心度が再び向上していることが窺えた。(余談ながら、2000 年刊行で絶版となっている書籍「MES 入門」[7] が、2021 年の夏頃、定価の百倍以上の価格で中古取引されている状況も確認された)
2) また、受講者へのアンケート回答では、製造業に所属する回答者の約 4 割が MES を導入済、導入検討中となっており、長らく続いた停滞期を脱して国内での MES が普及期に入ったのではないかと考察された
3) 一方、アンケート回答と一部の回答者へのデプスインタビュー結果からは、国内で MES 導入の障害となっている要因が幅広く識別されるとともに、多くの製造工場において自社スクラッチ開発の MES システムが運用されていることも確認できた。
4) 国内の MES ベンダー5 社が各社の歴史的背景や人材、技術等を活かして、国内製造業の幅広いニーズに対応していることが確認できた。
5) MES を規定しているとされる ISA95/IEC 62264 といった規格を意識しているベンダー、ユーザーが国内では少数派であったため、同規格の一部パート（英文）を実際に読み解き、ENAA 国際標準部会委員からの情報聴取も行った。この結果、同規格類に関する理解を深めることができた。一方、デプスインタビュー対象者の中からは、MES に関する体系的情報を望む声も複数聞かれた。

なお、本調査に協力頂いた MES ベンダー各社、インタビュー先各位及び ENAA 国際標準部会委員に対し謝意を表する。

1.5 用語“MES”について

MES(Manufacturing Execution System)という用語は、米国の市場調査会社である AMR(Advanced Manufacturing Reserach)社（2009 年ガートナー社に吸収された）が 1990 年頃に自社が発行する調査レポート中で、企業の Planning 系 IT システムと工場の Control 系システム（いわゆる OT 層）との間の Missing Link を埋める概念として提唱し始めたとされるもので、その後多くの米国系 IT ベンダーから“MES”を冠した IT パッケージ製品が多数提供されるようになった。[1)4)5)6)7)9)]

その後、それら MES 製品群の特長や制約条件等を標準化した国際規格 ISA95/IEC62264 が 2000 年代から 2010 年代にかけて整備され、規格の中では MOM(Manufacturing Operations Management)という用語に置換・統一されたが（6 章参照）、当該 IT ソリューション製品の分類を現す名称としては「MES」がその後もビジネスの現場で使われ続けている。

現在、海外では MES を包含する概念として MOM が捉えられている場合もあり、本書中にも現れている通り、一部ベンダーは”MES,MOM”という用語を意識的に使用している。

本書では、”MOM”という用語と関連規格類が日本ではまだ広く認知されていないことから、経産省/NRI 殿要件にも現れている“MES”という用語表記に統一している。但し、3 章の一部と 7 章では「MES/MOM」という表記を採用している。

2章　MES主要プレイヤーの製品分析（国内、海外）

はじめに

付録1 富士経済調査報告書中の「国内MES市場実態」には、国内MES市場に参入している主要ベンダーとして8社の名前が挙がっている。

今回は、2021年10月に本研究会が独自に開催したオンラインシンポジウム「工場のスマート化に必要な製造実行システム“MES”その現在と将来」（付録2参照）の趣旨に賛同し、同シンポジウムで製品紹介を行って頂いたMESベンダー5社をMES国内市場の主要プレイヤーとして、現状市場に提供されているMES製品の仕様や今後の展望等について情報整理を行った。

1.5節でも触れられているが、MESという用語で分類されるITソリューション製品は、まず1990年代に米国系ITベンダーから数多く提供されるようになった。2000年の書籍「MES入門」[7]巻末のベンダー一覧表からはそのことが窺える。

その後、それらMES製品群の特長や制約条件等を標準化した国際規格ISA95/IEC62264が2000年代から2010年代にかけて整備され（6章参照）、規格の中ではMOMという用語に置換・統一されたが、ITソリューション製品の分類を現す名称としては「MES」がその後もビジネスの現場で使われ続けている。

本章は、スマート工場研究会がMESベンダー5社から個別に聴取した内容をそのまま記載している。

2.1　プレイヤー概要

今回調査対象とした5社の概要およびMES製品提供状況は表2.1-1、表2.1-2の通りである。

表2.1-1　　国内ベンダー5社の概要

会社名 （本社所在地）	本書 略称	設立年	全社の年間売上額・ 従業員数	海外での 年間売上額・従業員数
横河ソリューション サービス株式会社 （東京）	横河	1920年 （横河電機）	約1,000億円 約2,500名	約 2,740億円 約 12,000名 （横河電機）
アズビル株式会社 （東京）	アズビル	1949年 （山武計器）	約2,500億円 約7,000名	約 450億円 約 3,000名
日本法人名 （本社所在地）	本書略称	日本法人 設立年	全社の年間売上額・ 従業員数	日本での 年間売上額・従業員数
ロックウエル・オートメーション・ジャパン株式会社 （米国・ミルウオーキー市）	ロックウエル	1981年 （本社1903年）	約7,000億円 約23,000名	約1,000億円 約4,000名 （注：アジア・太平洋）
シーメンス株式会社 （ドイツ・ミュンヘン市）	シーメンス	1981年 （本社1847年）	約73,000億円 約293,000名	約1,500億円 約2,300名
ダッソー・システムズ株式会社 （フランス・ヴェリジー＝ヴィラクブレー）	ダッソー	1994年 （本社1981年）	約5,000億円 約20,000名	約800億円 約850名

注）外資系 3 社の英名表記はそれぞれ次の通り Rockwell Automation, Siemens, Dassault Systems

表 2.1-2　国内ベンダー5 社の MES 製品提供状況

会社名	国内 MES 製品提供開始時期	現在提供している MES 製品の対象分野	参考：MES 製品年間売上げ額（付録 1 による）
横河	1990 年	半導体、電子部品、電池、化学　ほか	約 67 億円
アズビル	1994 年	食品、医薬品　ほか	約 12 億円
ロックウエル	2005 年	組立型産業全般	－　－－
シーメンス	2018 年	自動車、半導体、電子部品　ほか	約 13 億円
ダッソー	2001 年	自動車、航空宇宙、産業機械、ハイテク、食品・化粧品　ほか	約 40 億円

2.2　各社の MES 製品概要

5 社が現在販売している主力 MES 製品は表 2.2-1, 表 2.2-2 の通りである。[38)39)40)41)42)] なお、これら以外の顧客・業界（重工業界、産業装置系向け等）への MES 製品提供も実際には行われている。

表 2.2-1　国内ベンダー5 社の主力 MES 製品(1/2)

会社名	製品／ブランド名	主要顧客業界	顧客企業の規模 *	一顧客あたりの販売価格帯
横河	CIMVisionAssembly	半導体・電子部品・電池	100 億円～	3,000 万円～
	操業 KAIZEN ソリューション	化学	100 億円～	100 万円～3,000 万円（スモールスタート対応）
アズビル	スーパー管理食／PharmanageV	食品医薬医療機器	100 億円～	2,000 万円～1 億円
ロックウエル	FactoryTalk ProductionCentre と Plex Systems	ディスクリート産業とプロセス産業全般	700 億円～	1,000 万円～3 億円
シーメンス	Opcenter Execution	電機電子、医療機器、半導体、自動車部品等	500 億円～	2,000 万円以上（ライセンス費用のみ）
ダッソー	DELMIA Apriso	自動車、航空宇宙、産業機械、ハイテク、消費材等	500 億円～	2,000 万円～

＊ 代表的な顧客企業の年間売り上げ規模

表 2.2-2　　国内ベンダー5 社の主力 MES 製品(2/2)

会社名	製品／ブランド名	製品アピールポイント
横河	CIMVisionAssembly	ディスクリート MES
	操業 KAIZEN ソリューション	変化に追従できるモノづくりの仕組み化
アズビル	スーパー管理食／Pharmanage V	市場の特性や現場運用を重視した MES。 機能単位で提供が可能なため、小規模から大規模システムまで対応が可能。（スモールスタートにも対応。）
ロックウエル	FactoryTalk ProductionCentre と Plex Systems	モジュール型構造、クラウド型 ERP/MES/PDM/IoT(Plex Systems のみ)、自動車、タイヤ、製薬、消費財産業向パッケージ型製造実行システム(FactoryTalk ProductionCentre ベース)
シーメンス	Opcenter Execution	パッケージ型 MES であり設定ベースでシステム構築が可能なこと。他のシーメンス製品（PLM 等）との連携によりエンジニアリングチェーンを統合できること
ダッソー	DELMIA Apriso	ANSI/ISA-95 の階層モデルの実行管理層(L3:MOM)に位置付けられる唯一の製品。顧客の様々な要件への柔軟な対応と、データ一貫性の両立。グローバルデータ管理とガバナンス機能を有した拠点展開が可能であり、実績も豊富。

2.3 MES 製品内容とその分析

2.3.1 部品型か統合型か

MES 製品を導入しようとしているユーザー候補企業にとって、ベンダーから提供される MES 製品が種々カスタマイズを施す必要なく自社工場に実装できるのか、あるいは MES 製品側のカスタマイズのみならず、自社工場の側でも何らかの対応作業が必要となるのかは大きな関心事である。

この点について、2000 年刊行の「MES 入門」[7] 中では、「統合型パッケージ」か「部品型パッケージ」かという切り口で表 2.3-1 のような検討課題を列記している。

（この点について、7 章では、「独立機能のプロダクト」か、「総合的なパッケージ」かという切り口にも言及している。）

表 2.3-1　　MES パッケージの 2 つのパターン（参考文献 7）の p.170 表 4-1 を転記）

	部品型 MES パッケージ	統合型 MES パッケージ
MES の構築	小さな機能のパッケージを組み合わせて MES を構築	統合型の MES パッケージをカスタマイズして構築
業界（典型例）	プロセス・プラント	半導体・医薬品
パッケージの位置付け	開発部品 機能型（機能重視）	参照モデル 統合情報システム
システムのねらい	開発効率の向上 標準化の推進	生産現場情報・指示の統合化 ノウハウの活用
課題	MES 全体としては作り込み型の開発が必要	現実とのギャップへの対応 カスタマイズ

ベンダー5 社各社が提供する MES 製品は、表 2.3-1 でいうところの部品型か統合型かという質問を行った結果、各社とも「部品型、統合型いずれも含む」という回答であった。

また、うち２社からは次のようなコメントも寄せられた。

- 弊社の MES 製品はベースとしては統合型だが、現実的には顧客の生産活動仕様を柔軟に反映する必要があることを十分認識している。従って、「ベースとしての統合パッケージ」を提供したうえで、更にはその「パッケージの柔軟なモデリング」機能も併せて提供する。（シーメンス）
- DELMIA Apriso は統合的な MES、MOM パッケージであるが、アプリケーションを構築するために必要なデータベースや UI 部品、データ更新関数、システム、装置との I/F サービスなどを使いプロセスビルダーと呼ばれる BPM 型の開発プラットフォーム上に構築するモジュール型の MES、MOM にともなっている。そのためスクラッチ開発型と同等の柔軟性を保持しつつ、データの正規性と一貫性を維持しながら高効率で再利用性の高い、MES、MOM アプリケーションの開発が可能となる。（また、重工業界向けの MES 機能、WMS 等のプリパッケージ製品も提供可能）（ダッソー）

2.3.2 どこまでの機能・範囲をカバーしているか

MES が基本的に備えるべき機能は大きく、「指示系」「収集・参照系」「連携・拡張系」の 3 つに分類できると考えられる （「指示・制御」と「実績収集・管理」の 2 つで分類する考え方もある)。

「指示系」: MES 製品から製造現場へ、生産時に必要となる各種指示情報を伝達する機能。生産計画指示が代表的。

「収集・参照系」: 製造現場で発生した各種情報を自動的に収集し、リアルタイム情報としていわゆる「見える化」する機能、あるいは帳票やチャートの形で生産状況を統計的にレポートする機能。製品トレーサビリティ記録が代表的。

「連携・拡張系」: MES 製品以外のシステム、ERP、PLM、SCADA、調達システムなど企業活動を支える各種 IT システムとの接続機能。

MES 製品の実例として、7 章では 8 種類の機能・範囲が例示されているが、ここではそれぞれの分類について次の機能計 29 項目を挙げて、ベンダー5 社に対してそれら機能への対応可否等を尋ねた。

「指示系」: 生産計画指示、レシピ、標準作業手順、保守作業指示、行先入出庫指示、工程通過停止指示、その他 （8 項目）

「収集・参照系」: トレーサビリティ、故障・点検履歴、設備状態表示、生産実績管理、品質管理、統計レポート、IoT 機器接続、その他 （8 項目）

「連携・拡張系」: 受注データ、設計データ、生産計画データ、製造実績データ、品質データ、調達データ、エネルギー消費、空調データ、在庫データ、人事労務データ、保全データ、セキュリティ、その他 （13 項目）

ベンダー5 社からの回答は表 2.3-2 から表 2.3-4 までの通りとなった。

表 2.3-2 MES 製品の「指示系」機能有無に関するベンダー5 社の回答

	横河	アズビル	ロックウエル	シーメンス	ダッソー
生産計画指示	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
レシピ	標準機能(個別カスタマイズ対応)	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
標準作業手順	標準機能(個別カスタマイズ対応)	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
保守作業指示	個別カスタマイズ対応	応相談	標準機能	標準機能	標準機能
行先入出庫指示	標準機能(個別カスタマイズ対応)	標準機能	標準機能	個別カスタマイズ対応	標準機能
工程通過停止指示	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
その他	スケジューラー連携	DCS 連携			

表 2.3-3　　MES 製品の「収集・参照系」機能有無に関するベンダー5 社の回答

	横河	アズビル	ロックウエル	シーメンス	ダッソー
トレーサビリティ	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
故障・点検履歴	別途オプション対応	応相談	標準機能	標準機能	標準機能
設備状態表示	標準機能	別途オプション対応	標準機能	別途オプション対応	標準機能
生産実績管理	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
品質管理	標準機能	別途オプション対応	標準機能	標準機能	標準機能
統計レポート	別途オプション対応	応相談	標準機能	別途オプション対応	標準機能
IoT 機器接続	標準機能	別途オプション対応	標準機能	個別カスタマイズ対応	標準機能
その他					

表 2.3-4　　MES 製品の「連携・拡張系」機能有無に関するベンダー5 社の回答

	横河	アズビル	ロックウエル	シーメンス	ダッソー
受注データ	個別カスタマイズ対応	非対応	標準機能	非対応	標準機能
設計データ	個別カスタマイズ対応	非対応	標準機能	標準機能	標準機能
生産計画データ	別途オプション対応	別途オプション対応	標準機能	標準機能	標準機能
製造実績データ	別途オプション対応	標準機能	標準機能	標準機能	標準機能
品質データ	別途オプション対応	別途オプション対応	標準機能	標準機能	標準機能
調達データ	別途オプション対応	非対応	標準機能	非対応	標準機能
エネルギー消費	別途オプション対応	別途オプション対応	別途オプション対応	非対応	個別カスタマイズ対応
空調データ	別途オプション対応	別途オプション対応	別途オプション対応	非対応	個別カスタマイズ対応
在庫データ	別途オプション対応	標準機能	標準機能	非対応	標準機能
人事労務データ	応相談	非対応	標準機能	標準機能	標準機能
保全データ	別途オプション対応	別途オプション対応	標準機能	標準機能	標準機能
セキュリティ	応相談	応相談	標準機能	その他	応相談
その他					

各ベンダー製品とも、「指示系」「収集・参照系」「連携・拡張系」といった基本的機能に対応していることが確認できたが、各社 MES 製品とも実際は非常に複雑な構成であり、上記表はあくまで参考である。

2.3.3 規格適合を意識しているか

また、ベンダー5 社には各社 MES 製品が ISA95 等への規格適合を意識しているかについても質問した。その結果は表 2.3-5 の通り。

表 2.3-5 MES 製品の規格適合有無に関するベンダー5 社の回答

会社名	製品／ブランド名	規格適合状況（ベンダー回答）
横河	CIMVisionAssembly	適合規格なし
	操業 KAIZEN ソリューション	適合規格なし
アズビル	スーパー管理食／PharmanageV	食品および医薬品・医療機器の MES（コンピュータシステム）に関する規制に準拠
ロックウエル	FactoryTalk ProductionCentre と Plex Systems	適合規格あり （ISO や FDA、GMP といった各種産業規格についてはシステム構築時に対応）
シーメンス	Opcenter Execution	適合規格なし （品質規格適合はシステム構築後に個別に取得する必要あり。実績ベースでは自動車 IATF16949、医療機器 ISO13485 等各種産業規格への適合実績あり。）
ダッソー	DELMIA Apriso	適合規格なし （アプリケーションとしての品質規格適合などは構築後に個別に取得する必要があるが、それらの適合に必要な機能については豊富に準備（電子製造実績、監査証跡、二重承認等））

2.3.4 考察

(1) 部品型か統合型か

各社とも「部品型、統合型いずれも含む」という回答であった。また数社から寄せられたコメントからは、近年販売する MES 製品のほとんどで何らかのカスタマイズが必要となっている状況が窺えた。

(2) 販売価格と対象とする顧客層について

表 2.2-1 中の「一顧客あたりの販売価格帯」および「顧客企業の規模」に現れている通り、現状の各社 MES 製品は中小企業等には導入検討をためらわれる高価格帯であるということが言える。

この課題について、各社では例えば次のような対応も行っているということである。

- ソリューションサービスの、「操業 KAIZEN ソリューション」はターゲットや機能を絞り、スモールスタートを可能としている。(横河)
- 欧州では MES の SaaS (Software as a Service：ソフトウエア製品を箱売りではなく、ベンダー側のクラウドインフラに配置し、ユーザーにインターネットを通じてソフトウエアを利用してもらう形態のビジネス) 化の実験も実施している。(ダッソー)

ベンダー側のこうした対応は、高価な MES 製品の導入に躊躇している中小企業（いわばブルーオーシャン市場）に対する新たなアプローチと捉えることもでき、今後のユーザー候補企業の反応等が注目される。

(3) MES 製品と競合する他の IT ソリューション製品について

日本の製造業では、計画・指示系がうまく動いていない（デジタル化されていない）ために、現場モニタリング系の製品が、MES 製品に比べ市場で目立つ傾向が見られるとも言われている。

例えば三菱電機の EDGECROSS や、FANUC の Field System などに代表される、センサと IoT を利用した IoT プラットフォームと呼ばれる製品やサービスである。

そこで、IoT プラットフォーム系製品が、MES 製品の補完となるのか、あるいは MES 製品の競合となるのかについて、ベンダー5 社に尋ねたところ、表 2.3-6 のような結果であった。

表 2.3-6　MES 製品と IoT プラットフォーム系製品の競合等に関するベンダー5 社の回答

会社名	回答、コメント
横河	IT と OT を融合（コンバージェンス）させ，DX を最大化していくための取り組みが必要であり，何れかが欠如してもモノづくりを次世代対応していくことはできない。当社はお客様との数多くの共創プロジェクトから，この技術やノウハウに磨きをかけていく。
アズビル	弊社が提供する MES 以外の商品と IoT プラットフォームは、競合関係にある。MES としては、補完関係にあり、デバイス情報を収集する際に有効と考える。また、製造現場では、人が発生させている情報が多々あり、その情報の取込みも課題と考えている。

会社名	回答、コメント
ロックウエル	IoT Platform は MES に類する意味合いの機能を実装できると弊社では考えている。実際に弊社では IoT プラットフォームを用いた簡易 MES(機能限定型の MES)というものを提案することもある。 但し、本来の MES の機能を IoT プラットフォームで全て実装しようとすると、スクラッチ開発に近い構築となり、実装する機能によっては導入までに時間が掛かってしまうという事実もある。 弊社 MES 製品はモジュール構造となっており、実装期間の短縮なども行える。顧客が求める MES の機能内容と実装期間をお伺いし、それぞれの優位性を生かしながら、提案を行うというのが実情。
シーメンス	難しい質問である。部分的に競合するし、仮に IoT レベルのモニタリングのみが顧客の要件であれば、MES パッケージでは要件に応えられないこともある。 このような案件では、我々としては、「モニタリングした後、何がしたいか？」という問いを顧客に投げかけることとしている。大抵は、モニタリング、分析、カイゼンと答えられますが、「どういった観点で分析したいですか？」「改善は、具体的にはどうやって行い（反映し）ますか？」というような問いを重ねると、多くのケースでは「モニタリングを主旨とした IoT では不足する部分がある」と認識頂けることがある。弊社の MES パッケージは、この観点で顧客のカイゼンを支援するプラットフォームであり、この価値が理解いただければ、（IoT プラットフォーム導入を検討している）顧客にも十分にご検討いただける可能性があると思う。もちろん、IoT レベルのモニタリングには固有の重要価値があり、それを否定する意図はない。
ダッソー	IoT プラットフォームと MES、MOM は競合するものではなく完全に補完関係にあるという認識である。質問にある EdgeCross や FieldSystem については基本的に ISA95 におけるレベル２の発展形のアプリケーションであり、ISA95 で定義されるレベル３におけるデータ管理とは異なる考えかたがベースになっている。したがってレベル２で定義される装置や装置群レベルでのデータのなかで、ERP、スケジューラーなどの上位システムからの指示を MES が一旦製造管理レベルに落とし込んだうえで、それらのアプリケーションと連携することが重要である。そのことにより、上位の製造オーダーや SOP と同期したデータ管理が可能となり、装置や装置群にとどまらず、製造品全体の品質向上や最適化に貢献する管理が実現される。 また、これらのアプリケーションが収集するデータの精査も必要で、MES、MOM で KPI 管理で必要なデータは MES に取り込む必要があるが、そうでない Big データなどで分析解析することが目的のデータは MES を経由しないで直接データプール等に伝送することも、製造システム全体のトラフィックやパフォーマンスのバランスを維持することに大変重要である。そのうえで、MES で正規化されたデータをインデックスとして IoT データ分析環境に提供することにより分析のレベルを向上させることも重要なキーとなる。

各社とも、IoT プラットフォーム系製品が MES 製品と一種の競合関係にあるとの認識であるが、IoT プラットフォームを脅威に感じるといった論調までには至っておらず、両製品が機能補完しつつ並立する選択肢も探っている。

調査対象の MES 製品は現状大企業が主要顧客であるが、IoT プラットフォーム系製品は中小企業等も対象としているという違いがあり、市場の棲み分けもある程度可能と思われる。

あるいは、MES 導入は ERP（基幹業務）システム更新等、大きな予算が動く際にセットで導入検討されるケースが多いという種々証言もあり、そもそも製造現場のデータ収集目的といった IoT プラットフォーム系製品の導入とは時期や規模で競合しない、MES と IoT プラットフォームでは導入企業の担当部署が異なる、という背景もあるかもしれない。

2.4　MES ベンダー各社が考える市場戦略について

付録 1 富士経済調査報告書中の「国内 MES 市場実態」では、“コロナ禍も奇貨として、日本の製造業に転機が訪れつつあり、国内 MES 市場も今後年率 10%成長を維持する”とされている。
ベンダー5 社が国内 MES 市場拡大に対してどのような意見を持っているかについて、次の 4 つの質問を投げかけた。その回答結果は表 2.3-7 から表 2.3.10 の通りであった。

質問 1. 市場開拓あるいは深堀の阻害要因は何か
質問２．市場開拓あるいは深堀の成長機会は何が考えられるか
質問３．今後、MES 市場は拡大傾向にあると思うか
質問４．市場開拓や深堀について具体的な施策を検討あるいは実施しているか

表 2.3-7　「市場開拓あるいは深堀の阻害要因は何か」に対するベンダー5 社の回答

会社名	回答
横河	客先投資（どこに市場が移っていくのか）の見込みが読みづらい 従来の阻害要因（匠化が標準化を妨げる）を克服する手段（道筋）が見えてきた。
アズビル	MES は、運用技術(OT)と情報技術(IT)の両方の要素が含まれる。 一般的には、OT と IT を管轄している組織が違い、理解や認識の乖離が見られることが多く、この乖離は、お客様における MES 導入の意義にも乖離が生まれ、阻害要因になっていると思われる。
ロックウエル	製造現場が聖域化傾向にあり、企業によっては経営層が深く立ち入れず、結果、投資計画が鈍化するケースが 1 つある。また、別の観点として、製造現場内にも変更履歴の無い設備やプロセスなどがあり、現状の全設備やプロセスを理解することが難しく、理解するための作業時間に対して、現在の現場業務する人達の時間が割けないというケースもある。
シーメンス	MES に対する顧客認知が不足していること、工場に対する要求が「安く物を作ること」でありそれ以外への投資が認められづらいこと、MES システムが「良い商品がすぐに・安くできる」ことにすぐには直結しづらいこと、等
ダッソー	MES の認知度が低い、(対応できる) 人材が乏しい、市場が出来ていない

表 2.3-8「市場開拓あるいは深堀の成長機会は何が考えられるか」に対するベンダー5 社の回答

会社名	回答
横河	脱炭素と EV 化（政府の補助金政策に絡め）、サプライチェーン
アズビル	人口減の中、製造能力を維持するには、人の代わりを担うためのスマートな機械化・コンピュータ化が必須になる。製造産業全般に関わる命題であるが、現在のシステム（機能だけ）ではなく、人に代わってある程度の判断を行える機能が要求され、より進化したシステム要求が増えて来ると考えている。この点を成長機会と捉える。
ロックウエル	ERP の刷新による製造現場の見直しへの投資や近年のサプライチェーンの不安定さから発生するものづくり改革(例:ISO22400)、IoT 技術から端を発するものづくりデータ基盤策定などが挙げられる。
シーメンス	DX や Industrie4.0、スマートファクトリー等の文脈で、製造業の変革を考える必要がある、ということが多くの会社で共通認識になりつつある。企業により程度の差はあれ、そういった取り組みを考えていくと、多くの顧客は「工場運営のシステム（仕組み）が、実はテコ入れできていないこと」に気づき始めている。こういった感覚は、今後の市場成長につながるきっかけになり得ると思う。
ダッソー	Industry 4.0 から続くデジタル変革のブーム マスプロダクションからマスカスタマイゼーションへの顧客ニーズの変化 グローバル市場での競争の激化

表 2.3-9　「今後、MES 市場は拡大傾向にあると思うか」に対するベンダー5 社の回答

会社名	回答
横河	思う
アズビル	思う
ロックウエル	現在、弊社では MES/MOM に関わる問合せ、引合いが急増しており、今後もこの傾向は継続するものと考えている。
シーメンス	少しずつですがあると思う。
ダッソー	非常に成長する市場として捉えている

表 2.3-10「市場開拓や深堀について具体的な施策を検討あるいは実施しているか」に対するベンダー5 社の回答

会社名	回答
横河	している
アズビル	実施している。
ロックウエル	実施している。
シーメンス	回答保留
ダッソー	DELMIA 事業部の重要施策として取り組んでいる

これらの回答結果からは、次の考察が得られる。

- MES 導入に対する各社様々な観点での阻害要因が指摘されており、さらに調査研究の必要がある
- 日系 2 社は、行政の施策による後押しが効果的だと答えている。外資系 3 社は、中長期的な目線での可能性を答えている。
- 5 社とも表現は異なるが、MES 製品を成長市場と捉えている。また、各社において対顧客セミナー活動、模擬工場構築など様々な市場活性化策が試みられていることも聞くことができた。

付録 1 中の「国内 MES 市場実態」について、研究会内では、「実際の市場規模はもっと大きいのでは」という意見や、「(国内製造業のすそ野の広さを考慮すれば) まだまだ『のびしろが大きい』有望市場」という見方もあった。

3 章　MES の導入・活用状況の分析：アンケート調査

はじめに

2021 年 10 月 7 日公開オンラインシンポジウム「工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来」の受講者に対しオンラインアンケートを実施した（章末にアンケート原文を掲載）。

本章では、シンポジウムを通じて収集したアンケート結果を元に、国内 MES 導入および活用状況について分析する。なおアンケートの概要は以下の通りである。

・オンラインによる回答入力方式
・有効回答者総数 308 名
・回答者の分類　（ENAA 集計）
製造業 163 名（52%）
エンジニアリング・建設業　41 名（13%）
IT・コンサルタント　88 名（28%）
業界団体・大学 12 名（4%）
勤務先不明 4 名（1%）

3.1　MES の導入状況

3.1.1 MES の導入状況

設問 7.　あなたの職場では、製造オペレーションにおいて MES, MOM を利用していますか？　（単一選択）

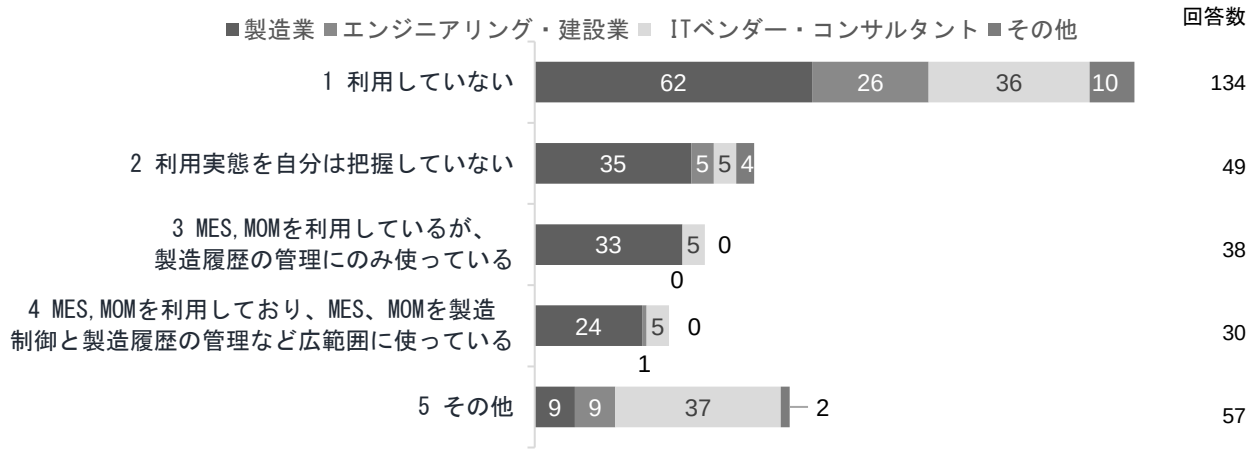


図 3.1.1-1 MES、MOM の利用状況

「利用していない」が全体の 43%、「利用実態を自分は把握していない」を合わせると、全体の 60%に達する。言い換えると 4 割の企業が MES を導入済みということである。この結果は研究会内部

では、「予想以上に高い割合」と評価された。アンケート回答者には製造業以外も含まれるので、製造業のみ取り出してみたが結果は同様で、「約 4 割の企業が MES を導入済み」と答える結果となっている。すでに市場は黎明期を過ぎて、成長期に入りつつあるものと考えられる。

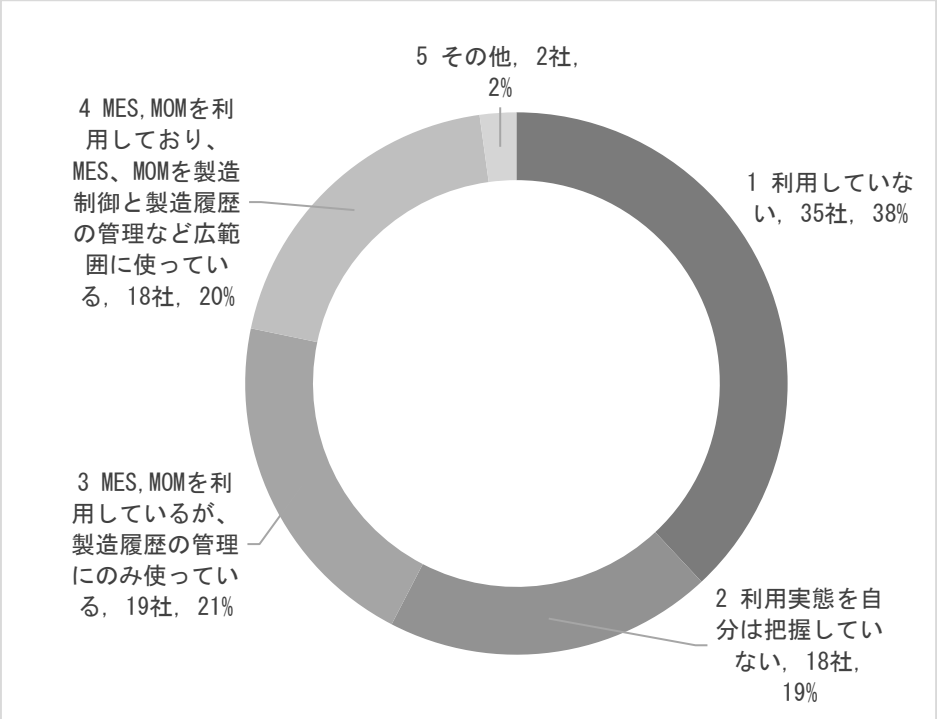


図 3.1.1-2　MES、MOM の利用状況（製造業のみ抽出）

3.1.2 MES パッケージ製品採用状況

次に、MES 導入済みの企業に、採用した MES パッケージ製品名を尋ねた。

設問 14.　あなたの職場で、既に MES,MOM 製品パッケージを導入されている場合、そのパッケージ名を教えて頂けますか（「導入していない」「パッケージ名は分からない」場合はそのようにご記入下さい）

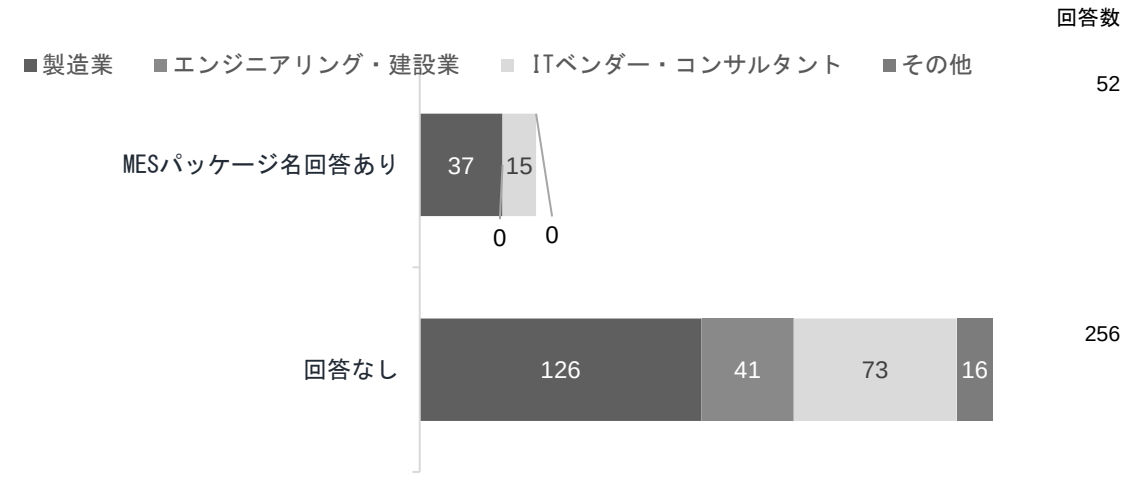


図 3.1.2-1 MES パッケージ製品採用状況

パッケージ名の回答があったのは約 16%。多くがパッケージ製品以外という回答結果である。自由回答欄では「内製」「自社グループによるスクラッチ開発」といった記述がみられた。

MES パッケージ製品は国内ベンダーから様々な製品が販売されているが（第 2 章参照）、ユーザーは既製品をそのまま使うよりもむしろ自社内開発や既製品のカスタマイズ対応のケースが多いことが市場調査結果（付録 1）やユーザーインタビュー（第 4 章参照）により明らかになっている。

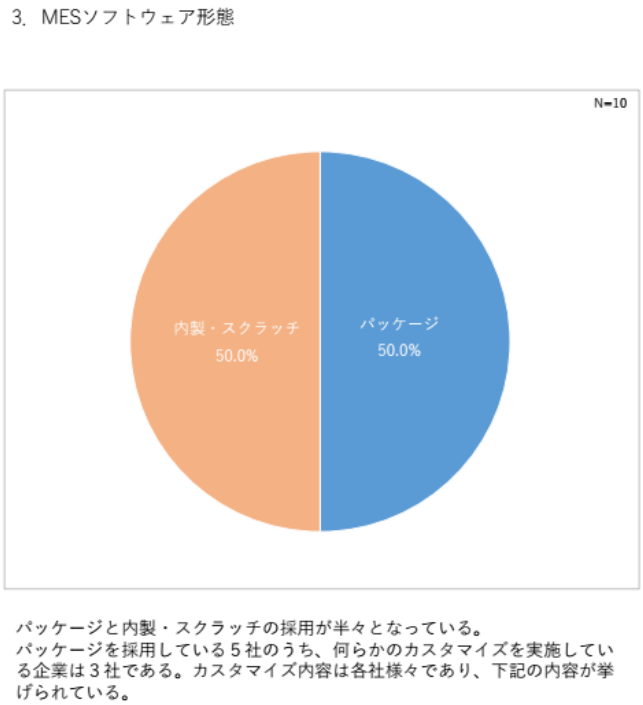


図 3.1.2-2 MES ユーザー企業 10 社に聞いた、MES ソフトウエア形態(付録 1 より)

市場の MES パッケージ製品をそのまま使えない理由は企業それぞれ個別に存在するが、研究会では以下のような指摘がなされた。

（１） 国内においては各企業独自の現場カイゼン活動が活発（つまり現場の変化が激しい）である。この変化の激しい現場に MES を対応させる場合、パッケージ製品に比べ自社内開発した MES の方が、改造が容易（あるいは安価）と考えられている

（２） 日本の産業界には「特殊病」という風土病がある。どこの業界、どこの会社に行っても、「自分の所は特殊だから」といって、普遍や標準を最初から拒否するメンタリティが強い。特殊である理由は様々だが、結論は異口同音に、「だからパッケージなんかそのままでは使えない」に落ち着く点が共通している。（つまり既存 MES パッケージには、「日本の様々な特殊」にそのまま対応できるほどの柔軟性がまだ無い）

（３） ディスクリートケミカル製品（例：有機 EL などの電子材料）、つまり従来の化学工場にディスクリートの要素が必要となる製品が増えている。ユーザーは、こうしたプロセスもディスクリートも含んだ幅広い製造形態を持つ工場に MES パッケージ製品で対応するのは難しいと考えている（ユーザーインタビューから）。

さらにMES導入の計画が今後あるかどうかを尋ねた。

設問9. あなたの職場において、MES,MOMの導入、機能強化・拡張の計画はありますか？（単一選択）

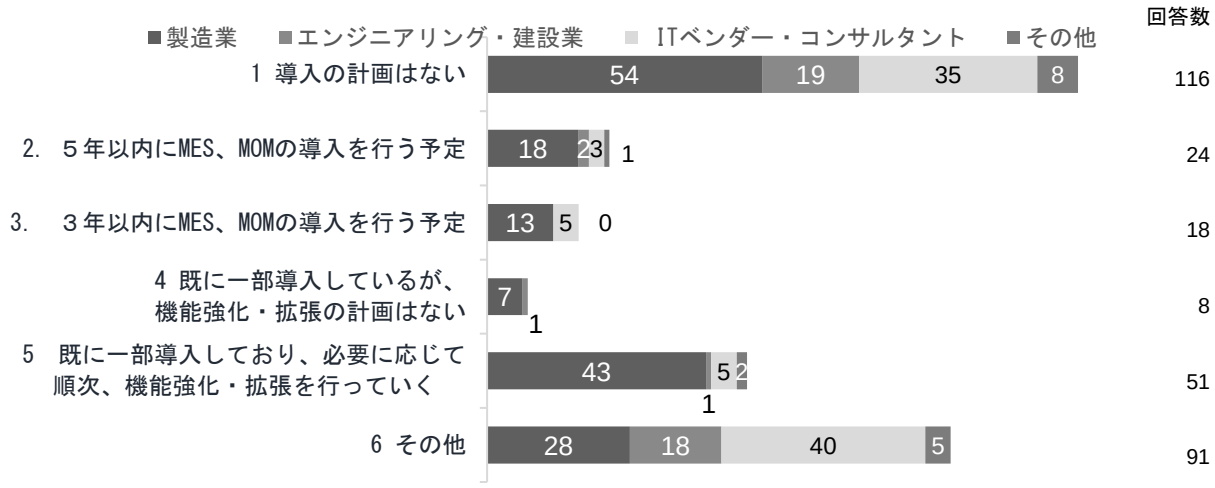


図3.1.2-3 MES導入の計画

このアンケートは、「工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来」という議題のシンポジウムで実施したアンケートである。そしてその聴講者は少なからずMESに関心が高い人々であることは間違いない。

にもかかわらず当面導入予定が無いというのは（特に製造業は3割の人達が導入予定が無いと言いながらシンポジウムに参加しているのは)、個人的な問題意識の高さとその解決手段としてのMESの導入の間に大きなギャップがあることをうかがわせる結果である。3.3章に、MES導入の障壁についてアンケート結果を記載しているので、そちらも併せて参照されたい。

3.2　MES の導入目的・ニーズ

MES を導入する目的・ニーズについて、アンケート結果は次のようになっている。

設問 5.　あなたの職場における、製造オペレーション上の課題を次からお選びください　（複数選択可）

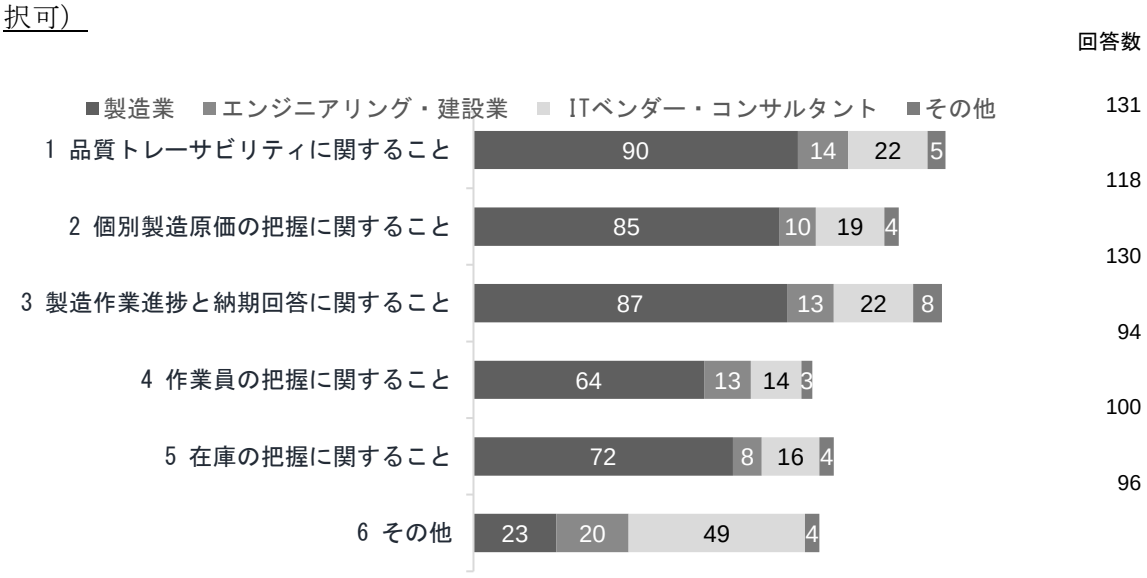


図 3.2-1 製造オペレーション上の課題

製造業ではやはり Q（品質）C（コスト）D（納期）に関する課題解決が重要であることを示している。

なお、「MES をまだ導入していない製造業」に限定して集計した結果は以下の通り。

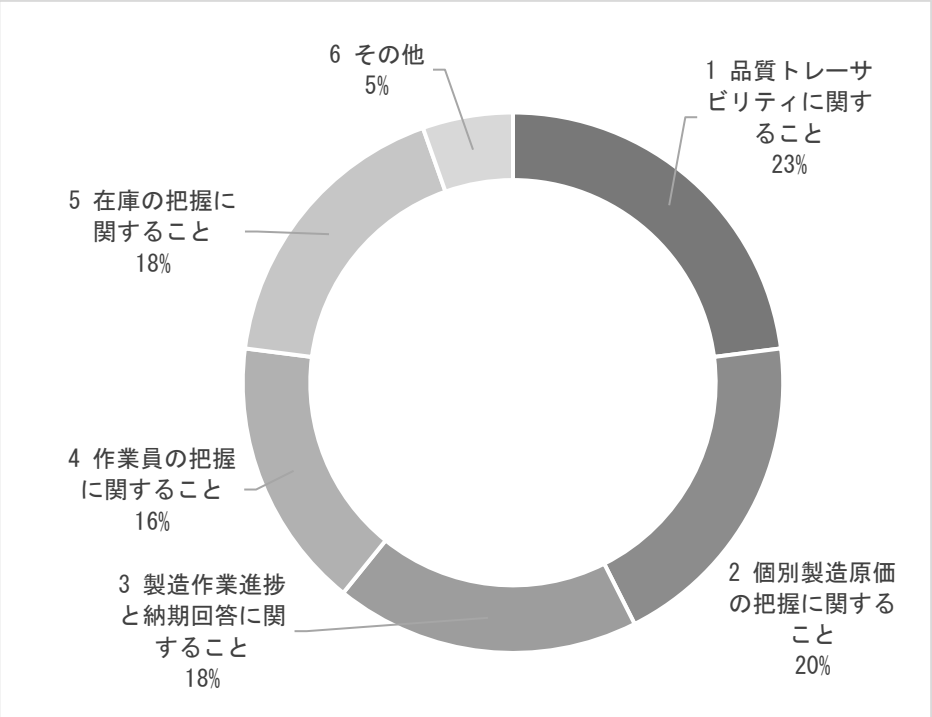
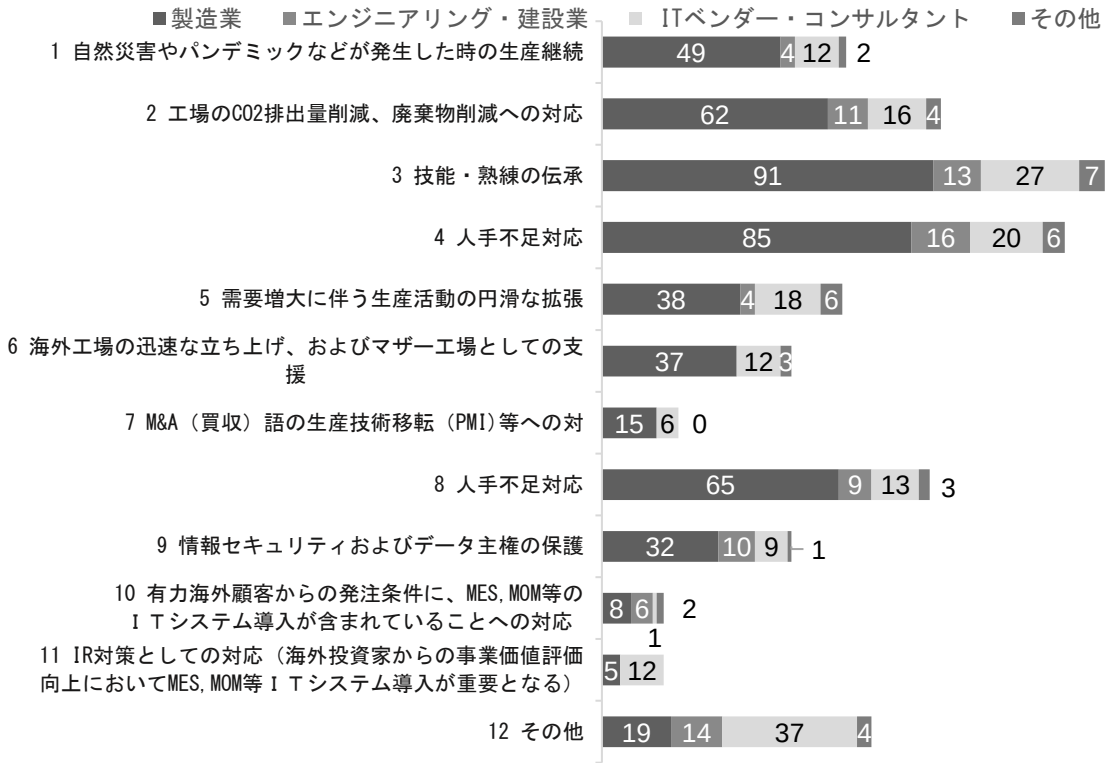


図 3.2-2 製造オペレーション上の課題（MES を導入していない製造業対象）

研究会では、MES を導入していない企業に共通する特徴的な課題（例えば納期）があるかもしれないという仮説を立てたが、全体的な比率の印象は図 1-2-1 と大きく変わらない結果となった。MES 導入の如何に関わらず、製造業においては QCD の課題は尽きない課題であるとの見方ができる。

次に QCD 以外の課題として、しかも経営層から指示を受ける課題について集計した結果は次の通り。

設問 6.　あなたの職場が、Q5 の課題以外に、経営層から、製造オペレーション上の課題として解決を指示される可能性が高いものはどれですか？　（複数選択可）



（注：　グラフ内の 4 番と 8 番を同じ人手不足で表記しているが、違いは章末のアンケート原文を参照のこと。）

図 3.2-3 経営層から解決を指示される可能性の高い課題

「技能・熟練の伝承」「人手不足対応」あるいは「BCP」や「SDGs」に関する事柄といった、近年話題に上ることの多い課題が目立つ結果となった。ここでも MES をまだ導入していない製造業のみで集計を行ってみた。

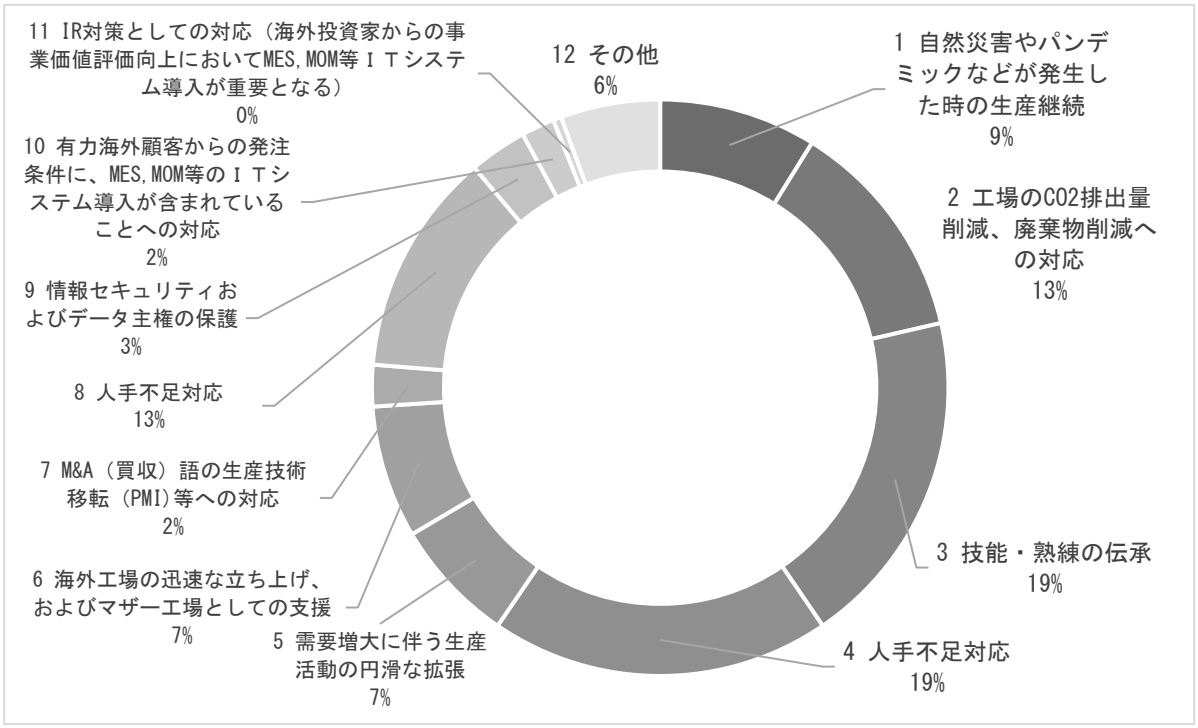


図 3.2-3 経営層から解決を指示される可能性の高い課題（MES を導入していない製造業対象）

「MES をまだ導入していない製造業」だからといって、特徴的といえる課題は見られず、経営層からは、技術伝承・人手不足・環境対応など、いわば守りの経営課題を求めており、製造のスケーラビリティや IT 化による企業価値向上のようないわゆる攻めの経営課題を求められていないと実務層は考えている。

今回のアンケートの対象者層は経営層を対象としていないため、経営側への認知度を含めて、深堀する必要性があると考える。

3.3 MES 導入に向けた課題

設問 10.　あなたの職場において、MES,MOM への投資を行おうとする場合の障害は何ですか？　（複数選択可）

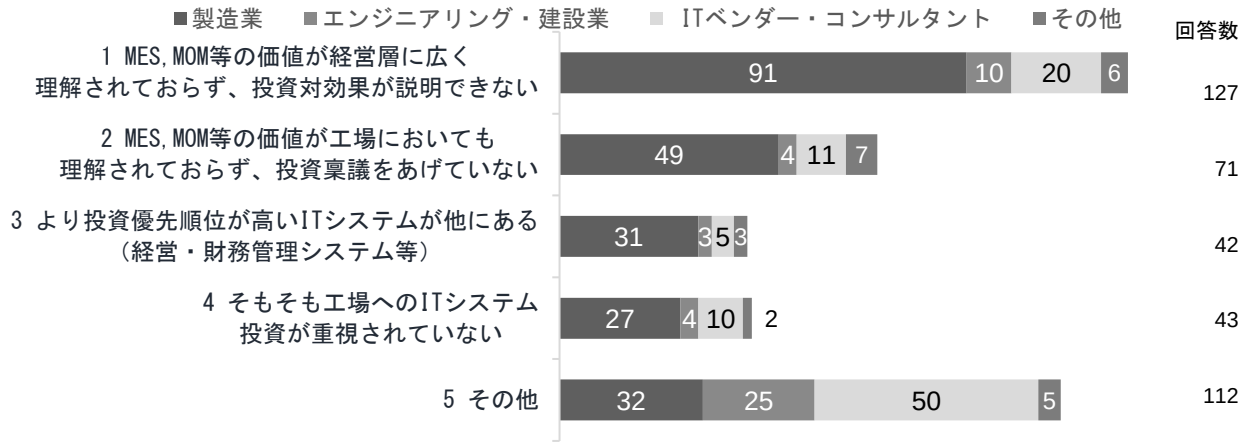


図 3.3-1 MES 投資の障害要因

MES を採用する上で投資対効果を説明することの難しさは、MES ユーザー企業インタビュー（第 4 章）でもしばしば指摘されており、アンケート結果で、「投資対効果が説明できない」に多くの回答が集まったことと符合する。

また MES 製品ベンダーからは、「投資対効果を明確にするのは困難」との発言もあり、MES を製造業に根付かせる観点からは、ユーザー側経営層や工場管理層の MES に対する認識を変えていく（他の IT 製品と同様に投資対効果で測っては経営判断を誤るという認識を持ってもらう）必要がありそうである。

設問 11.　あなたの職場における、MES,MOM の導入、機能強化・拡張に向けた、予算以外の課題は何ですか？　（複数選択可）

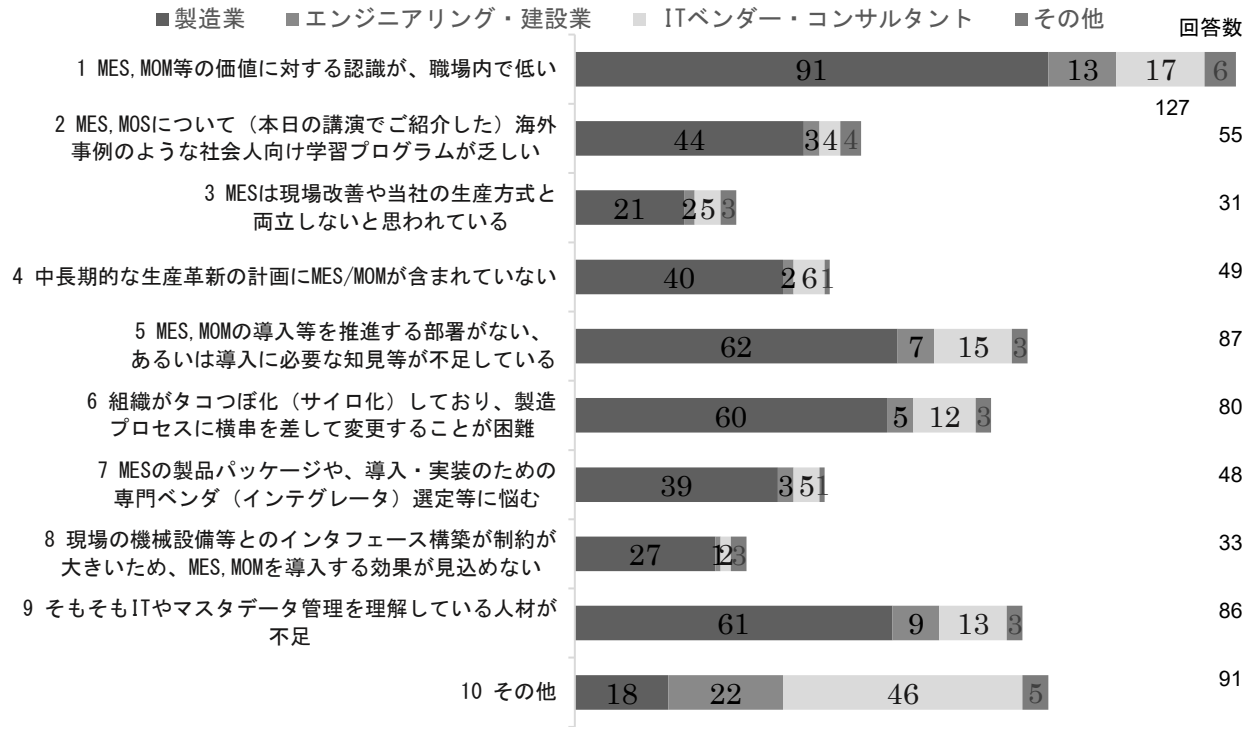


図 3.3-2　MES 投資の予算以外の障害要因

予算以外の要因としては、「そもそも MES に対する認識が不足している」という声が大変多い（第 2 章参照）。あるいは組織的な対応能力の課題の指摘も同様に多い。例えば、

設問 13.　あなたの職場において、MES,MOM を導入する場合の推進主幹部署はどこですか？　部署がある場合は「その他」にご記入下さい。

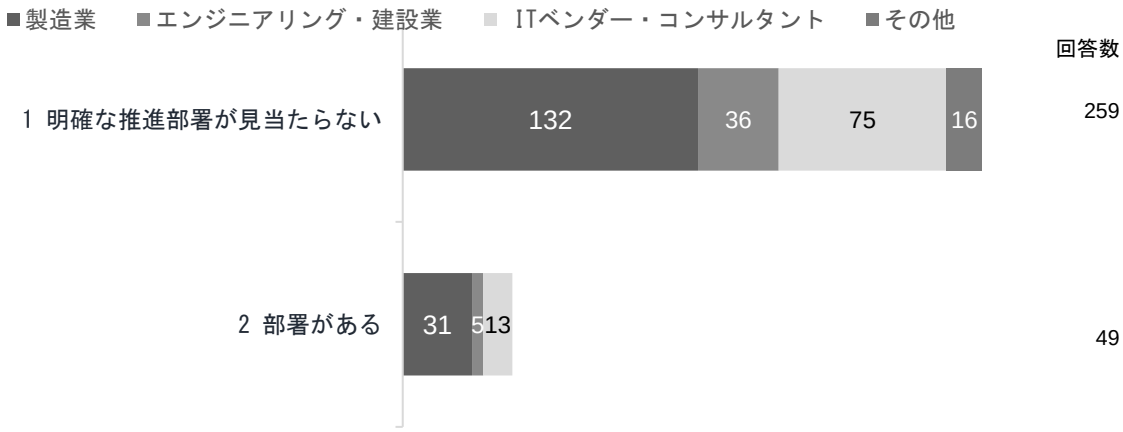


図 3.3-3 MES 導入に際して、主幹部署は存在するか

ERP のような経営側に近い IT 製品は、情報部門が導入に際して主幹部署となる例が多いようであるが、MES は製造と生産管理と経営を結ぶ位置に存在するためか、主幹部署があいまいになりがちである。このことは、「サイロ化」した（日本の）組織の弊害を浮き上がらせるとともに、導入が進まないため「社内の MES に対する知見不足」を引き起こし、ひいては、「そもそも MES に対する認識が不足している」と言った事態につながるという悪循環を示している。

3.4 MES と他システムとの連携等

MES の具備すべき基本機能として、「生産側への指示」「生産側からのデータ収集とその参照」「他のシステムとの接続」の 3 種類がある。第 2 章のベンダーインタビューおよび 4 章のインタビューで明らかになったことは、MES 導入の多くは ERP の導入や更新といったタイミングで実施されるケースが多いとのことである。そこで MES がどのような「他のシステム」と接続、連携されているかを尋ねた。

設問 8.　あなたの職場では、MES,MOM をどのように他システムと組み合わせていますか？　（複数選択可）

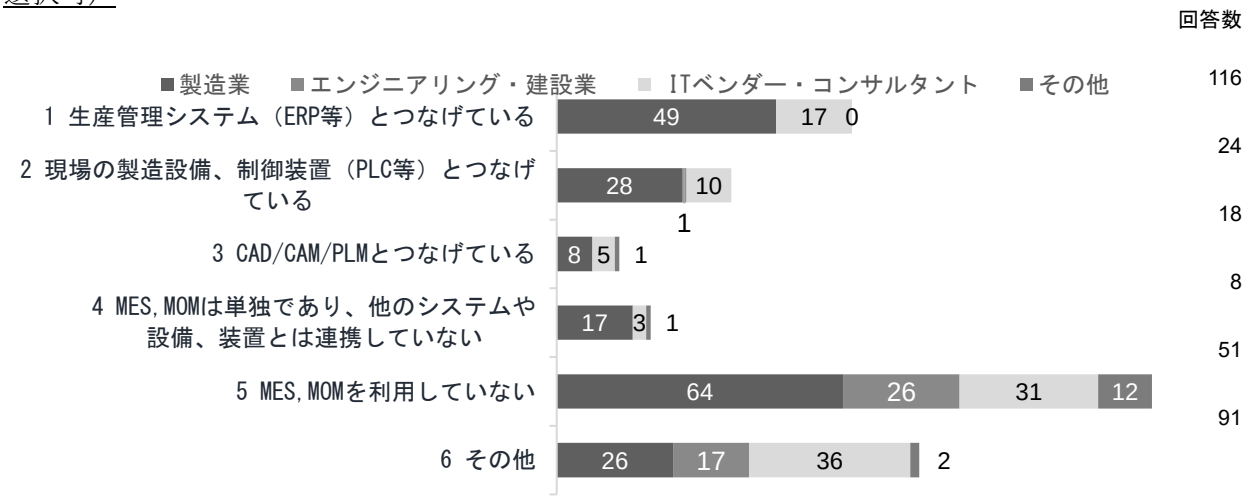


図 3.4-1 MES は他のシステムと接続、連携されているか

ERP や PLC あるいは PLM などと接続する回答が多いのは理解できるが、「単独」「その他」が多いのが目に付く。MES の実際の使われ方をもっと深堀調査する必要がある。

最後に、シンポジウムを聴講後の感想を尋ねた。

設問 12.　あなた自身は本日のシンポジウムに参加して、あなたの職場において MES,MOM の導入や機能拡張が将来的に必要だと感じましたか？（単一選択）

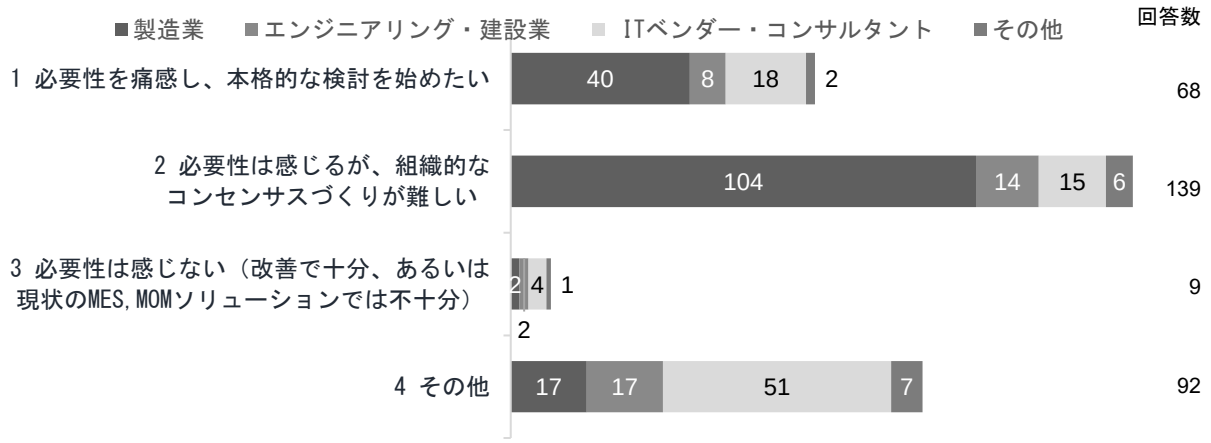


図 3.4-2　MES,MOM 導入や機能拡張が将来的に必要か感じたか

MES の導入検討については様々な障壁があること（図 3.3.1-1 および図 3.3.1-2）と併せ、「組織的なコンセンサスづくり」が難しいという少々ネガティブな回答は率直な意見であろう。これは図 3.3-3 が示すように、明確な推進部署がないことが組織的なコンセンサスづくりを難しいものとした結果、導入構想さえ立てられずにいる企業があることを示唆している。

ただ開催側としては、「MES の必要性を感じた」聴講者が 200 名（回答者の 70%弱）を超えたことはシンポジウムの主張が伝わった結果として高く評価したい。

（アンケート設問　全文　2021 年 10 月 7 日　実施）

ENNA 公開オンラインシンポジウム
「工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来」アンケート

本日は長時間の聴講をありがとうございました。講演資料をのちほどお送りしますので、以下のアンケートにお答えくださいますようお願いいたします。　ENAA 事務局

設問 1. あなたのお名前をご記入下さい
設問 2. あなたの連絡先メールアドレスをご記入下さい
設問 3. あなたのお勤め先を教えて下さい（任意）
設問 4. あなたのご所属部門を教えて下さい　（単一選択）

1　経営企画部門
2　全社的なモノづくり改革を推進/統括する部門
3　設計・開発部門
4　生産技術部門
5　生産・調達・製造部門
6　保守・サービス部門
7　情報システム部門
8　その他（　　）

設問 5. あなたの職場における、製造オペレーション上の課題を次からお選びください(複数選択可)

1 品質トレーサビリティに関すること　（各工程において、誰が・いつ・どの設備で・どんな作業条件の下で、製造したのかをすぐに調べられない等）
2 個別製造原価の把握に関すること（部品材料の数量と、どの機械に何時間づつかけたのか、作業者は何時間ずつ張り付いたのか、外注先はどこだったのか、すぐにわからない等）
3 製造作業進捗と納期回答に関すること（オーダーを構成する部品や作業が、それぞれどこまで進んでいるのか、納期はいつになる見込みか、すぐに答えられない等）
4 作業員の把握に関すること（スキルレベルと生産性が把握できず、最適な人材配置が組めない等）
5 在庫の把握に関すること（部材・仕掛品・製品在庫量が正確でない、欠品や無駄な在庫が減らない等）
6 その他　（　　）

設問 6. あなたの職場が、Q5 の課題以外に、経営層から、製造オペレーション上の課題として解決を指示される可能性が高いものはどれですか？　（複数選択可）

1 事業継続性と持続可能性 1 ： 自然災害やパンデミックなどが発生した時の生産継続
2 事業継続性と持続可能性 2 ： 工場の CO2 排出量削減、廃棄物削減への対応
3 事業継続性と持続可能性 3 ： 技能・熟練の伝承（形式知化、デジタル化など）
4 事業継続性と持続可能性 4 ： 人手不足対応（自動化、自律化など）
5 事業拡大の際の生産ボトルネック対応 1 ： 需要増大に伴う生産活動の円滑な拡張（スケールアウト））

6　事業拡大の際の生産ボトルネック対応２： 海外工場の迅速な立ち上げ、およびマザー工場としての支援
7　事業拡大の際の生産ボトルネック対応３： M&A（買収）語の生産技術移転（PMI)等への対応
8　事業拡大の際の生産ボトルネック対応４： 人で不足対応（自動化、自律化等）
9　ステークホルダからの要請等１： 情報セキュリティおよびデータ主権の保護
10　ステークホルダからの要請等２： 有力海外顧客からの発注条件に、MES,MOM 等のＩＴシステム導入が含まれていることへの対応
11　ステークホルダからの要請等３： IR 対策としての対応（海外投資家からの事業価値評価向上においてMES,MOM 等ＩＴシステム導入が重要となる）
12　その他

設問 7.あなたの職場では、製造オペレーションにおいてMES, MOM を利用していますか？(単一選択)
1 利用していない
2 利用実態を自分は把握していない
3 MES,MOM を利用しているが、製造履歴の管理にのみ使っている
4 MES,MOM を利用しており、MES、MOM を製造制御と製造履歴の管理など広範囲に使っている
5 その他

設問 8.あなたの職場では、MES,MOM をどのように他システムと組み合わせていますか？(複数選択可)
1 生産管理システム（ERP 等）とつなげている
2 現場の製造設備、制御装置（PLC 等）とつなげている
3 CAD/CAM/PLM とつなげている
4 MES,MOM は単独であり、他のシステムや設備、装置とは連携していない
5 MES,MOM を利用していない
6 その他

設問 9.あなたの職場において、MES,MOM の導入、機能強化・拡張の計画はありますか？(単一選択)
1 導入の計画はない
2 5 年以内にMES、MOM の導入を行う予定
3 3 年以内にMES、MOM の導入を行う予定
4 既に一部導入しているが、機能強化・拡張の計画はない
5 既に一部導入しており、必要に応じて順次、機能強化・拡張を行っていく
6 その他

設問 10.あなたの職場においてMES,MOM への投資を行おうとする場合の障害は何ですか?(複数選択可)
1 MES,MOM 等の価値が経営層に広く理解されておらず、投資対効果が説明できない
2 MES,MOM 等の価値が工場においても理解されておらず、投資稟議をあげていない
3 より投資優先順位が高い IT システムが他にある（経営・財務管理システム等）
4 そもそも工場への IT システム投資が重視されていない
5 その他

設問 11.あなたの職場における、MES,MOM の導入、機能強化・拡張に向けた、予算以外の課題は何ですか？（複数選択可）
1 MES,MOM 等の価値に対する認識が、職場内で低い
2 MES,MOS について（本日の講演でご紹介した）海外事例のような社会人向け学習プログラムが

乏しい

3 MES は現場改善や当社の生産方式と両立しないと思われている

4 中長期的な生産革新の計画に MES/MOM が含まれていない

5 MES,MOM の導入等を推進する部署がない、あるいは導入に必要な知見等が不足している

6 組織がタコつぼ化（サイロ化）しており、製造プロセスに横串を差して変更することが困難

7 MES の製品パッケージや、導入・実装のための専門ベンダー（インテグレータ）選定等に悩む

8 現場の機械設備等とのインタフェース構築が制約が大きいため、MES,MOM を導入する効果が見込めない

9 そもそも IT やマスタデータ管理を理解している人材が不足

10 その他

設問 12.あなた自身は本日のシンポジウムに参加して、あなたの職場において MES,MOM の導入や機能拡張が将来的に必要だと感じましたか？（単一選択）

1 必要性を痛感し、本格的な検討を始めたい

2 必要性は感じるが、組織的なコンセンサスづくりが難しい

3 必要性は感じない（改善で十分、あるいは現状の MES,MOM ソリューションでは不十分

4 その他

設問 13.あなたの職場において、MES,MOM を導入する場合の推進主幹部署はどこですか？部署がある場合は「その他」にご記入下さい。

1 MES、MOM は、設計、生産技術、製造分野を跨るプロジェクトであり、かつＩＴ部門の管掌範囲を超える分野であるため、明確な推進部署が見当たらない。

2 具体名（自由記入：　　）

設問 14.　あなたの職場で、既に MES,MOM 製品パッケージを導入されている場合、そのパッケージ名を教えて頂けますか（「導入していない」「パッケージ名は分からない」場合はそのようにご記入下さい）

（　　）

設問 15.もし、貴社に個別インタビューを ENAA よりお願いしたい場合は、窓口になって頂けますか（あるいは窓口部門を紹介頂けますか）？

1 はい

2 いいえ

3 その他

4章 MESの導入・活用に向けた課題の分析：インタビュー調査

4.1 デプスインタビューの目的

公開オンラインシンポジウム「スマート工場化のための製造実行システム”MES”その現在と将来」において実施したアンケートをもとに、MESを導入していない企業の”MESを導入できない/していない理由”として、以下のような課題が浮き彫りになってきた。

- 製造実行システム(MES/MOM)について、経営層をはじめ全社的な理解が不足している。
- 製造実行システム(MES/MOM)の導入検討を推進するにあたり、リーダーシップを発揮できる部門組織や人材が不在である。

ただし、アンケート回答だけでは、MES/MOM導入実態や傾向を把握しかねる側面があり、オンライン会議を活用して10社程度に対してデプスインタビューを実施することとした。アンケート結果をさらに深掘りした実態調査を実施する事で、今後MESの導入が促進されるにあたり、本質的な課題を抽出する事を目的とした。
なお、本報告書 第一章において “MESとは何か” に関してENAAとしての見解と定義を述べているが、インタビュー先の各社における”MESとは何か”については、各社それぞれに範囲、見解の違いがある為、本章における MES導入済み/MES未導入 については、各社の見解を主張して表記している。

4.2 デプスインタビュー先の選定

デプスインタビュー先を選定するにあたっては、前述したシンポジウムのアンケートにおいて、追加でのインタビューを承諾して頂いていた企業を選定対象の母数と考えた。
このアンケート結果を業種毎に分類すると以下の通りとなる。

業　種	人　数
1 製造業	163 名
2 エンジニアリング・建設業	41 名
3 IT ベンダー・コンサルタント	88 名
4 業界団体・大学 他	12 名
5 業種不明	4 名
合計	308 名

この中で、1製造業(163名)に着目し、インタビュー先の選定を実施し、インタビュー先の選定基準は以下の通りと考えた。

［インタビュー先選定基準］

・　アンケートの回答者が所属されている部門が、全社の取り組み、もしくは工場の管理に関わっていると回答された企業を選定先とする。

具体的には、

✧　経営企画、情報システム部門等の全社としての取り組みに関わっておられる方

✧　工場の現場において、工場全体の管理業務に関わっておられる方

前述の業種別に分類した 163 名に対し、選定基準を元に対象企業を抽出すると 27 名 となり、この中からさらに MES を導入していると回答している企業と導入していないと回答している企業とをほぼ同数インタビュー候補先として研究会にて選定した上で、インタビューの打診を行い、快諾頂けた企業が以下の企業となった。

デプスインタビュー実施企業、実施日、(MES 導入状況についてのアンケート回答)

01	重工 Z 社	2021 年 12 月 7 日	(MES 導入済み)
02	建築内装材 N 社	2021 年 12 月 8 日	(MES 未導入)
03	産業ガス P 社	2021 年 12 月 8 日	(MES 未導入)
04	産業機械 Q 社	2021 年 12 月 13 日	(MES 導入済み)
05	舶用電子機器 R 社	2021 年 12 月 13 日	(MES 導入済み)
06	オフィス器具 S 社	2021 年 12 月 17 日	(MES 未導入)
07	ケミカル T 社	2021 年 12 月 20 日	(MES 導入済み)
08	ケミカル U 社	2021 年 12 月 22 日	(MES 導入済み)
09	航空機組立 V 社	2021 年 12 月 24 日	(MES 導入済み)
10	総合電機 W 社	2021 年 12 月 27 日	(MES 導入済み)

4.3 インタビュー結果の概要

10 名(社)に行ったインタビュー結果について、その概要を表 4.3.1～表 4.3.8 までの表に整理した。限られた時間でのインタビューであったため、各社全てに同じ内容でインタビューできたわけではないが、詳細のインタビュー記録の中から共通するテーマとキーワードを抽出し、可能な限り星取表の形で整理を行った。各社それぞれの状況やストーリーは異なるものの、MES の導入効果や課題などについて、ある程度共通した傾向が把握できたものと考える。
表 4.3.9～表 4.3.11 については補足資料として、各インタビュー先企業担当者がセミナー参加時に回答いただいた事前アンケート内容から、製造マネジメント上の課題に関連した問 5～問 6 と、MES 導入に対する障害について質問した問 10～問 11 の回答内容を抜粋し記載した。

4.3.1　インタビュー先企業の基本情報について

表 4.3.1 に、今回インタビューを行った企業 10 名の基本情報を整理した。いずれも当研究会調べであり、インタビューでのインタビュー内容、およびインターネット上の情報などから推定した内容も含まれる。
各項目の説明は以下の通り。

1）　企業情報

1-1）　売上高

各社の企業情報から連結と単体の売上高を記載した。決算年度はこの表では省略したが、公表されている最新年度の数値を参照している。金額は上位の有効数字 3 桁目以降を四捨五入している。

1-2）　従業員数

各社の企業情報から連結と単体の従業員数を記載した。時期はこの表では省略したが、公表されている最新年度の数値を参照している。人数は上位の有効数字 3 桁目以降を四捨五入している。

1-3）　主要な国内生産拠点数

各社の企業情報から主要な国内の生産拠点数を記載した。

2）　生産形態

2-1）　主要な生産形態の分類

インタビュー各社からインタビューした生産形態と企業情報等から、各社の生産管理上の生産形態を推定し、分類を行った。分類項目は下記の通り。

- 見込み生産(MTS)
- 受注組立生産(ATO)
- 繰返し受注生産(MTO)
- 個別受注生産(ETO)

3）　インタビュー先情報

3-1）　部門/職務

今回インタビューに応じていただいた各インタビュー先担当者の所属と担当職務を下記の5層に分類して整理した。

- 経営層、部門トップ
- 全社の生産性改善担当・ｺﾝｻﾙ
- 全社の情報システム担当
- 工場・事業所の生産性改善担当
- 工場・事業所の生産情報システム担当

また、各社のMES導入に対する各担当者の現状の立場、位置づけ（MES導入を直接推進している担当者なのか、導入検討に向けて情報収集中の立場なのか、など）について、「MESとの関係性」の欄に補足情報として記載した。

3-2）　インタビュー回答の対象範囲

インタビュー先の担当者の所属や担当職務により、今回のインタビューで回答いただいたMESについての情報が、全社的な動向なのか、担当者所属の工場や事業所単位でのシステムの状況なのかが異なってくる。この欄では、各社の回答がそのいずれと対象にしているのかを整理した。

4.3.2　インタビュー結果の概要整理表

次ページ以降に表掲載（表4.3-1～表4.3-10）

インタビュー先企業			1	2	3	4	5
			重工 Z 社	建築内装材 N 社	産業ガス P 社	産業機械 Q 社	舶用電子機器 R 社
1）企業情報	1-1）売上高［億円］	連結	10,000 超	約 200	約 8,000	約 2,000	約 800
		単体					
	1-2）従業員数［名］	連結	10,000 超	約 1,000	約 20,000	約 8,000	約 3,000
		単体					
	1-3）主要国内生産拠点数		10	3	8	6	2
2）生産形態	2-1）主要な生産形態の分類	見込み生産(MTS)	●	▲（一部）			
		受注組立生産(ATO)	●	●			
		繰返し受注生産(MTO)	●				●
		個別受注生産(ETO)	●		●	●	
3）インタビュー先担当者情報	3-1）部門/職務	経営層、部門トップ					
		全社の生産性改善担当・ｺﾝｻﾙ	●	●	●		
		全社の情報システム担当					
		工場・事業所の生産性改善担当				●	●
		工場・事業所の生産情報システム担当				●	
		MES との関係性	MES 情報収集	MES 情報収集	MES 情報収集	MES 要件検討中	MES 導入担当者
	3-2）インタビュー回答の対象範囲	企業/グループ会社/事業部全体の動向	■	■	■		■
		各工場・事業所単位の取り組み状況				■	

表 4.3-1（1/2）インタビュー先の概要情報

インタビュー先企業			6	7	8	9	10
			オフィス家具 S 社	ケミカル T 社	ケミカル U 社	航空機組立 V 社	総合電機 W 社
1）企業情報	1-1）売上高［億円］	連結	約 3,000	約 2,000	約 3,000	20,000 超	80,000 超
		単体					
	1-2）従業員数［名］	連結	約 7,000	約 2,500	約 5,500	30,000 超	300,000 超
		単体					
	1-3）主要国内生産拠点数		2	5	2	3	7
2）生産形態	2-1）主要な生産形態の分類	見込み生産(MTS)		●	●		●
		受注組立生産(ATO)					●
		繰返し受注生産(MTO)	▲（一部）			●	●
		個別受注生産(ETO)	●	●	●		●
3）インタビュー先担当者情報	3-1）部門/職務	経営層、部門トップ					
		全社の生産性改善担当・ｺﾝｻﾙ					
		全社の情報システム担当					
		工場・事業所の生産性改善担当	●			●	●
		工場・事業所の生産情報システム担当	●	●	●	●	
		MES との関係性	MES 情報収集	MES 導入担当者	MES 導入担当者	MES 導入担当者	MES 使用経験者
	3-2）インタビュー回答の対象範囲	企業/グループ会社/事業部全体の動向	■				■
		各工場・事業所単位の取り組み状況		■	■	■	

表 4.3-1（1/2）インタビュー先の概要情報

インタビュー先企業			1	2	3	4	5
			重工 Z 社	建築内装材 N 社	産業ガス P 社	産業機械 Q 社	舶用電子機器 R 社
4） MES 導入状況	4-1）各社導入状況	☆：パッケージ導入 ○：主に自社開発 △：部分的な生産管理ｼｽﾃﾑ導入	○	△	○	○	☆
	4-2）他システムの有無、接続状況 ◎：有り＋MES と接続 △：有り、MES 接続無し ー：無し（又は不明）	上位システム	◎ ERP、PLM	△ 業務系基幹システム	△ 会計基幹システム	△ 自社開発基幹システム	◎ ERP、ｽｹｼﾞｭｰﾗ
		下位システム	ー	△ QR+HT	ー	ー	△ IoT
	4-3）システム全体構成	ERP/生産管理システム/PLM、MES 層との I/F の有無など	ERP、PLM └MES └分析 PF	業務系基幹システム ―――――― 下位未接続	会計基幹システム ―――――― 下位未接続	基幹システム ―――――― 下位未接続	ERP └APS └MES └CMMS

表 4.3-2（1/2）インタビュー先各社の MES 導入状況

インタビュー先企業			6	7	8	9	10
			オフィス家具 S 社	ケミカル T 社	ケミカル U 社	航空機組立 V 社	総合電機 W 社
4） MES 導入状況	4-1）各社導入状況	☆：パッケージ導入 ○：主に自社開発 △：部分的な生産管理ｼｽﾃﾑ導入	△	☆	☆	☆	○
	4-2）他システムの有無、接続状況 ◎：有り＋MES と接続 △：有り、MES 接続無し ー：無し（又は不明）	上位システム	△ MRP	◎ ERP、ｽｹｼﾞｭｰﾗｰ	◎ ERP	◎ ERP、ｽｹｼﾞｭｰﾗｰ	◎ ERP
		下位システム	ー	△ DCS	◎ DCS、PLC、 SCADA	△ QR+HT	◎ PLC
	4-3）システム全体構成	ERP/生産管理システム/PLM、MES 層との I/F の有無など	部分的に MRP ―――――― 下位未接続	ERP、他 └APS └MES └LIMS、SPC	ERP └MES └PIMS └DCS └LIMS	ERP └APS └MES	ERP └MES

表 4.3-2 (2/2)　インタビュー先各社の MES 導入状況

インタビュー先企業			1 重工 Z 社	2 建築内装材 N 社	3 産業ガス P 社	4 産業機械 Q 社	5 舶用電子機器 R 社
4） MES 導入状況 （つづき）	4-4）MES 機能の使用状況 ○：使用 ー：不使用(又は不明)	計画・指示系	○	○	ー	○	○
		実績・モニタリング系	○	○	○	○	○
		品質・トレーサビリティ系	○	ー	○	○	○
		原価管理系	ー	ー	ー	ー	○
		作業員管理系	ー	ー	ー	ー	○
		在庫・搬送系	ー	ー	ー	ー	○
		設備保守系	ー	ー	ー	ー	○
	4-5）今後の拡張計画	具体的な計画として推進中					■
		詳細検討中			■	■	
		計画なく、情報収集中		■			
		不明または他部署で検討	■				

表 4.3-3（1/2）インタビュー先各社の MES 導入状況

インタビュー先企業			6	7	8	9	10
			オフィス家具 S 社	ケミカル T 社	ケミカル U 社	航空機組立 V社	総合電機 W 社
4） MES 導入状況 （つづき）	4-4）MES 機能の使用状況 ○：使用 ー：不使用(又は不明)	計画・指示系	○	○	ー (ERP)	○	○
		実績・モニタリング系	○	○	○	○	○
		品質・トレーサビリティ系	○	○	○	○	○
		原価管理系	―	○	○	○	○
		作業員管理系	―	―	○	○	○
		在庫・搬送系	―	○	○	○	○
		設備保守系	―	―	―	―	○
	4-5）今後の拡張計画	具体的な計画として推進中					■
		詳細検討中		■	■	■	
		計画なく、情報収集中	■				
		不明または他部署で検討					

表 4.3-3（2/2）インタビュー先各社の MES 導入状況

インタビュー先企業			1	2	3	4	5
			重工 Z 社	建築内装材 N 社	産業ガス P 社	産業機械 Q 社	舶用電子機器 R 社
5）MES 導入の経緯・目的・効果	5-1）MES 導入の経緯　MES 単体か、ERP と同時か、生産改革の一環か	全社的な生産改革の一環で ERP とほぼ同時導入（または更新）					■
		工場・事業所単位の生産改革の一環で ERP とほぼ同時導入（または更新）					
		品質要求の高度化対応のため工場・事業所単位で単独導入					
		生産管理業務の効率化のため工場・事業所単位で単独導入	■		■	■	
		MES としては未導入		■			
	5-2）導入時の主導者	部門、組織など	各事業部・工場	ー	各事業会社	各事業部・工場	本社 IT 部門
		▽：トップダウン型 △：ボトムアップ型	△	ー	△	△	▽
	5-3）導入時の範囲と主目的	生産性向上/LT 短縮	●		●	●	
		製造・作業実績管理		●		●	●
		品質管理の向上/効率化	●		●		
		「情物一致」					●
		ヒューマンエラー防止					
		データの分析・二次利用					
		自動化・省人化対応					
		少量多品種生産対応					

表 4.3-4（1/2）インタビュー先各社の MES 導入経緯と効果

インタビュー先企業			6	7	8	9	10
			オフィス家具S社	ケミカルT社	ケミカルU社	航空機組立V社	総合電機W社
5）MES導入の経緯・目的・効果	5-1）MES導入の経緯　MES単体か、ERPと同時か、生産改革の一環か	全社的な生産改革の一環でERPとほぼ同時導入（または更新）					
		工場・事業所単位の生産改革の一環でERPとほぼ同時導入（または更新）			■		
		品質要求の高度化対応のため工場・事業所単位で単独導入		■		■	■
		生産管理業務の効率化のため工場・事業所単位で単独導入					■
		MESとしては未導入	■				
	5-2）導入時の主導者	部門、組織など	ー	工場での改善活動	製造所長	担当役員主導	各工場の最適化活動
		▽：トップダウン型 △：ボトムアップ型	ー	△	▽	▽	△および▽
	5-3）導入時の範囲と主目的	生産性向上/LT短縮					●
		製造・作業実績管理	●		●	●	●
		品質管理の向上/効率化		●		●	●
		「情物一致」					●
		ヒューマンエラー防止		●			●
		データの分析・二次利用		●			●
		自動化・省人化対応					●
		少量多品種生産対応					●

表4.3-4（2/2）インタビュー先各社のMES導入経緯と効果

インタビュー先企業			1 重工 Z 社	2 建築内装材 N 社	3 産業ガス P 社	4 産業機械 Q 社	5 舶用電子機器 R 社
5）MES 導入の経緯・目的・効果（つづき）	5-4）MES 導入効果とその評価 ●：効果があった項目 ★：特に高い効果があった項目	LT 削減/大幅短縮	●		●	★	●
		納期問合せ対応のスピードアップ	●		●	●	●
		品質問合せ対応のスピードアップ	●		●		●
		品質の向上・安定化	●		●		●
		監査対応の効率化					
		作業・設備負荷割り当ての最適化				★	
		技能の標準化・形式知化					●
		データ二次利用による改善活動・保守					★
		作業員の意識改革					●
		原価分析・管理の精度向上					★
		在庫管理・棚卸作業の効率化					★
		運用保守コストの削減				★	
		CCC 改善					

表 4.3-5 (1/2) インタビュー先各社の MES 導入経緯と効果

インタビュー先企業			6	7	8	9	10
			オフィス家具S社	ケミカルT社	ケミカルU社	航空機組立V社	総合電機W社
5）MES導入の経緯・目的・効果（つづき）	5-4）MES導入効果とその評価 ●：効果があった項目 ★：特に高い効果があった項目	LT削減/大幅短縮				●	★
		納期問合せ対応のスピードアップ		●		●	●
		品質問合せ対応のスピードアップ		★	●	★	●
		品質の向上・安定化		★	●	★	★
		監査対応の効率化				★	
		作業・設備負荷割り当ての最適化			★		●
		技能の標準化・形式知化			★		
		データ二次利用による改善活動・保守				★	
		作業員の意識改革				★	
		原価分析・管理の精度向上					●
		在庫管理・棚卸作業の効率化					★
		運用保守コストの削減			★		
		CCC改善					★

表4.3-5（2/2）インタビュー先各社のMES導入経緯と効果

インタビュー先企業			1 重工 Z社	2 建築内装材 N社	3 産業ガス P社	4 産業機械 Q社	5 舶用電子機器R社
6）MES導入の障壁と課題	6-1）経営層の意識	担当役員レベルが積極的に関与				●	
		DXへ積極的に取組む意識			●		
		顧客要求への対応に必要					
		現状打開の問題意識あり				●	●
		MESへの理解が低い		●			
		投資対効果の説明が難しい		●			
		システムへの投資は優先順位が低い		●			
	6-2）社内の反応・意識と対応	部分最適から全体最適への意識変化				●	●
		現状の仕組み変更への抵抗が強い		●			
		積極的な動きが無い/受け身の姿勢		●	●	●	
		一部担当者の問題意識に留まる		●			
		上流側の作業負担増への懸念					
		事例/効果の情報共有による意識向上					
	6-3）推進部門・工場組織の有無	全社での推進組織・チームあり					●
		工場単位の推進組織・チームあり				●	
		専任組織無く各部門での対応	●		●		
		推進組織無し、又は不明		●			

表4.3-6（1/2）インタビュー先各社のMES導入の障壁と課題

インタビュー先企業			6	7	8	9	10
			オフィス家具S社	ケミカルT社	ケミカルU社	航空機組立V社	総合電機W社
6）MES導入の障壁と課題	6-1）経営層の意識	担当役員レベルが積極的に関与				●	●
		DXへ積極的に取組む意識			●		●
		顧客要求への対応に必要		●		●	
		現状打開の問題意識あり					●
		MESへの理解が低い	●		●		
		投資対効果の説明が難しい	●				
		システムへの投資は優先順位が低い	●				
	6-2）社内の反応・意識と対応	部分最適から全体最適への意識変化					●
		現状の仕組み変更への抵抗が強い		●	●	●	
		積極的な動きが無い/受け身の姿勢	●				
		一部担当者の問題意識に留まる	●				
		上流側の作業負担増への懸念				●	
		事例/効果の情報共有による意識向上					●
	6-3）推進部門・工場組織の有無	全社での推進組織・チームあり		●	●		●
		工場単位の推進組織・チームあり		●	●	●	●
		専任組織無く各部門での対応					
		推進組織無し、又は不明	●				

表 4.3-6（2/2）インタビュー先各社のMES導入の障壁と課題

インタビュー先企業			1 重工 Z社	2 建築内装材 N社	3 産業ガス P社	4 産業機械 Q社	5 舶用電子機器R社
6）MES導入の障壁と課題（つづき）	6-4）現状と今後の課題	生産管理の見える化					●
		品質管理の効率化		●			
		在庫管理の効率化		●			
		上位・他システムとの連携	●			●	●
		セキュリティ対応	●				
		小ロット品への対応			●		
		機能の拡張性、柔軟性への対応				●	●
		システムの運用コスト増					●
		データの二次活用、分析					●
		さらなる高度化・スマート化への取り組み					●
	6-5）MES人財の育成	外部ベンダーや外注へ依存	●		●		●
		社内で計画的に育成できていない	●	●	●		●
		更新・維持への支障が顕在化している			●		
		リーダーシップを発揮できる人材の不足				●	
		推進チームに各部署から招集				●	
		技術伝承・普及活動で推進					

表4.3-7（1/2）インタビュー先各社のMES導入の障壁と課題

インタビュー先企業			6 オフィス家具S社	7 ケミカルT社	8 ケミカルU社	9 航空機組立V社	10 総合電機W社
6）MES導入の障壁と課題（つづき）	6-4）現状と今後の課題	生産管理の見える化	●				
		品質管理の効率化					
		在庫管理の効率化					
		上位・他システムとの連携		●			
		セキュリティ対応			●		
		小ロット品への対応			●		
		機能の拡張性、柔軟性への対応					
		システムの運用コスト増			●	●	
		データの二次活用、分析		●			
		さらなる高度化・スマート化への取り組み					●
	6-5）MES人財の育成	外部ベンダーや外注へ依存		●	●		
		社内で計画的に育成できていない	●	●	●	●	
		更新・維持への支障が顕在化している			●	●	
		リーダーシップを発揮できる人材の不足					
		推進チームに各部署から招集					
		技術伝承・普及活動で推進					●

表4.3-7（2/2）インタビュー先各社のMES導入の障壁と課題

インタビュー先企業			1 重工 Z社	2 建築内装材 N社	3 産業ガス P社	4 産業機械 Q社	5 舶用電子機器R社
7）事前のMESアンケート回答（抜粋）	7-1）（Q5）あなたの職場における、製造オペレーション上の課題を次からお選びください（複数選択可）	1 品質トレーサビリティに関すること	●	●	●	●	●
		2 個別製造原価の把握に関すること	●	●		●	●
		3 製造作業進捗と納期回答に関すること	●	●	●	●	●
		4 作業員の把握に関すること	●	●			
		5 在庫の把握に関すること	●	●		●	●
		6 その他					
	7-2）（Q6）あなたの職場が、Q5の課題以外に、経営層から、製造オペレーション上の課題として解決を指示される可能性が高いものはどれですか？　（複数選択可）	1 自然災害やパンデミックなどが発生した時の生産継続					
		2 工場のCO2排出量削減、廃棄物削減への対応			●		
		3 技能・熟練の伝承	●	●	●	●	
		4 人手不足対応	●	●		●	
		5 需要増大に伴う生産活動の円滑な拡張	●	●			●
		6 海外工場の迅速な立ち上げ、およびマザー工場としての支援	●	●			●
		7 M&A（買収）語の生産技術移転（PMI）等への対応					
		8 人手不足対応	●			●	
		9 情報セキュリティおよびデータ主権の保護	●				●
		10 有力海外顧客からの発注条件に、MES,MOM等のITシステム導入が含まれていることへの対応					
		11 IR対策としての対応					
		12 その他					

表 4.3-8（1/2）インタビュー先各社の事前アンケート回答（抜粋）

インタビュー先企業			6 オフィス家具S社	7 ケミカルT社	8 ケミカルU社	9 航空機組立V社	10 総合電機W社
7）事前のMESアンケート回答（抜粋）	7-1) （Q5）あなたの職場における、製造オペレーション上の課題を次からお選びください （複数選択可）	1 品質トレーサビリティに関すること	●		●		●
		2 個別製造原価の把握に関すること	●	●	●		●
		3 製造作業進捗と納期回答に関すること	●	●	●	●	●
		4 作業員の把握に関すること	●	●		●	●
		5 在庫の把握に関すること	●	●			●
		6 その他					
	7-2) （Q6）あなたの職場が、Q5の課題以外に、経営層から、製造オペレーション上の課題として解決を指示される可能性が高いものはどれですか？　（複数選択可）	1 自然災害やパンデミックなどが発生した時の生産継続	●		●		●
		2 工場のCO2排出量削減、廃棄物削減への対応		●	●		●
		3 技能・熟練の伝承	●	●			●
		4 人手不足対応	●	●	●		●
		5 需要増大に伴う生産活動の円滑な拡張			●		
		6 海外工場の迅速な立ち上げ、およびマザー工場としての支援		●			
		7 M&A（買収）語の生産技術移転（PMI）等への対応					●
		8 人手不足対応		●	●	●	●
		9 情報セキュリティおよびデータ主権の保護		●			
		10 有力海外顧客からの発注条件に、MES,MOM等のITシステム導入が含まれていることへの対応				●	
		11 IR対策としての対応					
		12 その他					

表 4.3-8（2/2）インタビュー先各社の事前アンケート回答（抜粋）

インタビュー先企業			1	2	3	4	5
			重工 Z 社	建築内装材 N 社	産業ガス P 社	産業機械 Q 社	舶用電子機器 R 社
7） 事前の MES アンケート回答（抜粋）	7-3） （Q10）あなたの職場において、MES,MOM への投資を行おうとする場合の障害は何ですか？　（複数選択可）	1 MES,MOM 等の価値が経営層に広く理解されておらず、投資対効果が説明できない		●	●		●
		2 MES,MOM 等の価値が工場においても理解されておらず、投資稟議をあげていない		●			●
		3 より投資優先順位が高い IT システムが他にある（経営・財務管理システム等）			●	●	
		4 そもそも工場への IT システム投資が重視されていない		●			
		5 その他	●				
			ERP,PLM との最適連携、セキュリティー担保				

表 4.3-9（1/2）インタビュー先各社の事前アンケート回答（抜粋）

インタビュー先企業			6 オフィス家具S社	7 ケミカルT社	8 ケミカルU社	9 航空機組立V社	10 総合電機W社
7）事前のMESアンケート回答（抜粋）	7-3) （Q10）あなたの職場において、MES,MOMへの投資を行おうとする場合の障害は何ですか？　（複数選択可）	1 MES,MOM等の価値が経営層に広く理解されておらず、投資対効果が説明できない	●		●	●	●
		2 MES,MOM等の価値が工場においても理解されておらず、投資稟議をあげていない			●		
		3 より投資優先順位が高いITシステムが他にある（経営・財務管理システム等）					
		4 そもそも工場へのITシステム投資が重視されていない				●	
		5 その他		●			
				費用対効果			

表 4.3-9 (2/2) インタビュー先各社の事前アンケート回答（抜粋）

インタビュー先企業			1 重工 Z 社	2 建築内装材 N 社	3 産業ガス P 社	4 産業機械 Q 社	5 舶用電子機器 R 社
7）事前の MES アンケート回答（抜粋）	7-4）（Q11）あなたの職場における、MES,MOM の導入、機能強化・拡張に向けた、予算以外の課題は何ですか？　（複数選択可）	1 MES,MOM 等の価値に対する認識が、職場内で低い		●	●		
		2 MES,MOS について（本日の講演でご紹介した）海外事例のような社会人向け学習プログラムが乏しい	●	●			
		3 MES は現場改善や当社の生産方式と両立しないと思われている		●			
		4 中長期的な生産革新の計画に MES/MOM が含まれていない		●	●		
		5 MES,MOM の導入等を推進する部署がない、あるいは導入に必要な知見等が不足している	●	●	●	●	
		6 組織がタコつぼ化（サイロ化）しており、製造プロセスに横串を差して変更することが困難	●	●			●
		7 MES の製品パッケージや、導入・実装のための専門ベンダー（インテグレータ）選定等に悩む	●	●			
		8 現場の機械設備等とのインタフェース構築が制約が大きいため、MES,MOM を導入する効果が見込めない		●			
		9 そもそも IT やマスタデータ管理を理解している人材が不足	●	●	●		●
		10 その他					

表 4.3-10（1/2）インタビュー先各社の事前アンケート回答（抜粋）

インタビュー先企業			6 オフィス家具S社	7 ケミカルT社	8 ケミカルU社	9 航空機組立V社	10 総合電機W社
7）事前のMESアンケート回答（抜粋）	7-4）（Q11）あなたの職場における、MES,MOMの導入、機能強化・拡張に向けた、予算以外の課題は何ですか？　（複数選択可）	1 MES,MOM等の価値に対する認識が、職場内で低い	●	●	●	●	
		2 MES,MOSについて（本日の講演でご紹介した）海外事例のような社会人向け学習プログラムが乏しい		●	●	●	
		3 MESは現場改善や当社の生産方式と両立しないと思われている		●			
		4 中長期的な生産革新の計画にMES/MOMが含まれていない	●				
		5 MES,MOMの導入等を推進する部署がない、あるいは導入に必要な知見等が不足している	●	●			
		6 組織がタコつぼ化（サイロ化）しており、製造プロセスに横串を差して変更することが困難		●		●	●
		7 MESの製品パッケージや、導入・実装のための専門ベンダー（インテグレータ）選定等に悩む			●		●
		8 現場の機械設備等とのインタフェース構築が制約が大きいため、MES,MOMを導入する効果が見込めない					●
		9 そもそもITやマスタデータ管理を理解している人材が不足		●	●	●	
		10 その他					

表 4.3-10（2/2）インタビュー先各社の事前アンケート回答（抜粋）

4.4 デプスインタビューからの気づきと考察

4.4.1　企業規模、業種による MES 導入状況について

今回インタビューを行った 10 名のうち、セミナーでの事前アンケートでは 3 名が自社では MES を未導入という回答であった。しかし実際にインタビューしてみると、MES 未導入と回答していた 3 名についても下記の理由により MES に相当する何らかの生産管理システムを使用している状況が確認できた。

- 各工程単位で進捗管理、指示書発行、検査記録などのシステムを自社開発し使用している。ただし他システムとの接続やデータ連携まではできておらず、単独で運用している。（建築内装材Ｎ社、オフィス家具Ｓ社）
- 傘下に多くの事業会社があり、自社は各事業会社を統括してエンジニアリングサービスを行う位置づけのため、自社には MES は導入されていないものの、傘下の各事業会社にて各々MES を構築している。（産業ガスＰ社）

上記の状況について MES 導入/未導入を判別するには「MES とは何か？」の定義によるが、当研究会では MES を「製造オペレーションマネジメント業務を正確化・効率化するツール」（1.5 章、および後述 7.2 章参照）と位置付けているため、いずれも MES 相当の機能を部分的に使用している状況と捉えている。
となると問題は、MES の各機能を各社でどこまで活用し、どれだけ効果をあげているか、という進捗レベルの比較によって整理する必要がある。

また、前章のアンケート結果で今後の MES 導入の計画有無についての設問（3.1-2 章、設問 9）で製造業に限って詳細を見ると、未導入企業（回答 1～3 を選択した 85 人）のうち 6 割強（回答 1 を選択した 54 人）が将来も計画なしと回答している一方で、導入済み企業（回答 4,5 を選択した 50 人）のうち 9 割弱（回答 5 を選択した 43 人）がさらなる機能拡張の計画有りと回答している。前記の通り、未導入企業の回答の中には、実際には簡易な MES 相当のシステムを使用しているケースが含まれている可能性があるが、この回答からは MES 導入がなかなか進まない企業と、MES を既に導入し、さらに拡張していく企業とで、今後二極分化していく傾向が読み取れる。

この二極分化（デジタル・デバイド）の傾向が生じる要因を考察するために、サンプル数が限られているものの、今回インタビューした企業について、会社規模、業種、生産方式などの企業の外的条件にまずは着目してみた。

その前提として、今回インタビューした企業の MES 導入状況（表 4.3-3、表 4.3-4）によって表 4.4-1 のような分類を行った。

A. 全社または全事業部的な活動で MES を導入し、上位（ERP）と連携されている。	舶用電子機器Ｒ社　(1/10)
B. 各工場単位で MES を導入し、上位（ERP）と連携されている	重工Ｚ社、ケミカルＴ社、ケミカルＵ社、航空機組立Ｖ社、総合電機Ｗ社　(5/10)
C. 各工場単位で MES を単独導入し、上位（ERP）とは連携されていない。	産業ガスＰ社、産業機械Ｑ社　(2/10)
D. 部分的に個別の生産管理ｼｽﾃﾑを使用	建築内装材Ｎ社、オフィス家具Ｓ社 (2/10)

表 4.4-1 インタビュー先各社の MES 導入状況の分類

MES の活用レベルを測る指標には様々な議論や方法があるが、本稿では他システムとの連携の有無と度合いが一つの指標になりうると考え、上記のように分類を行っている。

4.4.1.1　企業規模による MES 導入状況

図 4.4-1 は、各社の企業規模（表 4.4-1）によって MES 導入状況の分類をプロットしたグラフである。横軸は従業員数（名）、縦軸は売上高（億円）を示し、対数軸としている。グラフの右上に行くほど企業規模が大きいことを示す。各社、連結と単体との企業規模をそれぞれプロットしているが、MES 導入状況については単体の企業規模を示すプロットに色別の楕円印で示した。産業ガスＰ社のみ、その事業体とインタビュー対象範囲の特徴から、連結のプロットに MES 導入状況の印をつけている。

このグラフからは、企業規模の観点で大きく下記の 3 つのグループに分類できる。

① 大規模企業　重工Ｚ社、産業ガスＰ社、航空機組立Ｖ社、総合電機Ｗ社　(4 社)
② 中規模企業　産業機械Ｑ社、舶用電子機器Ｒ社、オフィス家具Ｓ社、ケミカルＴ社、ケミカルＵ社　(5 社)
③ 小規模企業　建築内装材Ｎ社　(1 社)

尚、上記の分類における大規模、中規模、小規模の表現は、今回インタビュー先企業間の相対比較における便宜上の分類であり、一般的な大企業や中小企業の分類基準とは異なることに留意されたい。また、先の MES 導入状況の分類 A～D に着目した視点を合わせて眺めると、大きく下記の２グループに分類することも可能である。

【MES 導入状況　B と C に分類されるグループ】
①　　大規模企業　重工Ｍ社、産業ガスＰ社、航空機組立Ｖ社、総合電機Ｗ社　(4 社)
②－1　中規模企業　搬送機器Ｑ社、ケミカルＴ社、ケミカルＵ社　(3 社)

【MES 導入状況　A と D に分類されるグループ】
②－2　中規模企業　舶用電子機器Ｒ社、オフィス家具Ｓ社　(2 社)
③　　小規模企業　建築内装材Ｎ社　(1 社)

ここまでの整理から得られる限りでは、比較的大きい規模の企業（上記の①、②-1 のグループ）では、各工場や事業所単位で MES が導入されていると考えられる。また、企業規模が大きいが故に全社展開までには至りにくい事が推定される。

一方で比較的小～中規模の企業（上記の②-2、③のグループ）の中では、本格的な MES の導入がなかなか進まないケース（建築内装材Ｎ社、オフィス家具Ｓ社）と、全社または全事業部的な活動で ERP と合わせて一気に MES の導入・更新が進む企業（舶用電子機器Ｒ社）に 2 極化している状況が読み取れる。これは見方を変えれば、比較的規模が小さい企業でも、経営層を巻き込んだ全社的な生産性改善活動の中であれば、先端的な MES 導入が進む可能性を示唆しているともとれる。MES 導入をはじめとした、生産システムの改善に苦労している中小規模の企業にとっては、一つのヒントになるかもしれない。

4.4.1.2　業種による MES 導入状況

さらに業種によって MES の導入状況の違いに関係があるかどうかについて、図 4.4-1 の企業規模グラフより、MES 導入状況に対する業種の特徴について下記のような整理が考えられる。

A. 比較的小さい～中堅規模の企業で、全社または全事業部的な生産改善活動の一環で先端的な MES を導入している。具体的な製品の観点で見ると、スマート工場の拡大が、直接自社製品の市場拡大にもつながる可能性があり、経営的な観点からも推進するモチベーションが高いと考えられる。第 6 章の先進事例で紹介される工作機械 X 社も当てはまる状況である。
B. 総合電機（半導体も含まれる）、ケミカル系、重工・航空機系、いずれも生産工程が複雑、または顧客からの品質要求が非常に高度であり、MES の導入が必須、もしくは非常に高い効果が期待できる業種。
C. 傘下に複数の中小規模の事業体があり、各工場単位で自社開発の MES 導入が以前から進んでいる業種。ただしデータ連携や拡張性の課題が顕在化しつつあり、システム更新を検討中。
D. 工程や品質の要求水準が比較的高くなく、現状の人手中心の生産で納期的な問題も顕在化していない。システム導入に対する費用対効果の説明も難しく、経営的な投資の優先順位が低い状況。

ここでは特に D の企業、業種で MES のようなシステム化が進んでいないが、MES 導入が進んでいない他の企業も多かれ少なかれ同様な状況を抱えていると考えられる。現状で納期や品質の問題が顕在化しておらず、経営的な優先順位が低いとはいえ、市場構造的に「自社で価格決定権を持てていない（建築内装材Ｎ社インタビュー）」状況や、将来の労働力不足も考慮すると決して良い状況とは言えない。同様な問題を抱える企業に対し、業界や公としてどのようなサポートをしていけるかというのも、国力の底上げに対して取り組むべき課題であると考えられる。

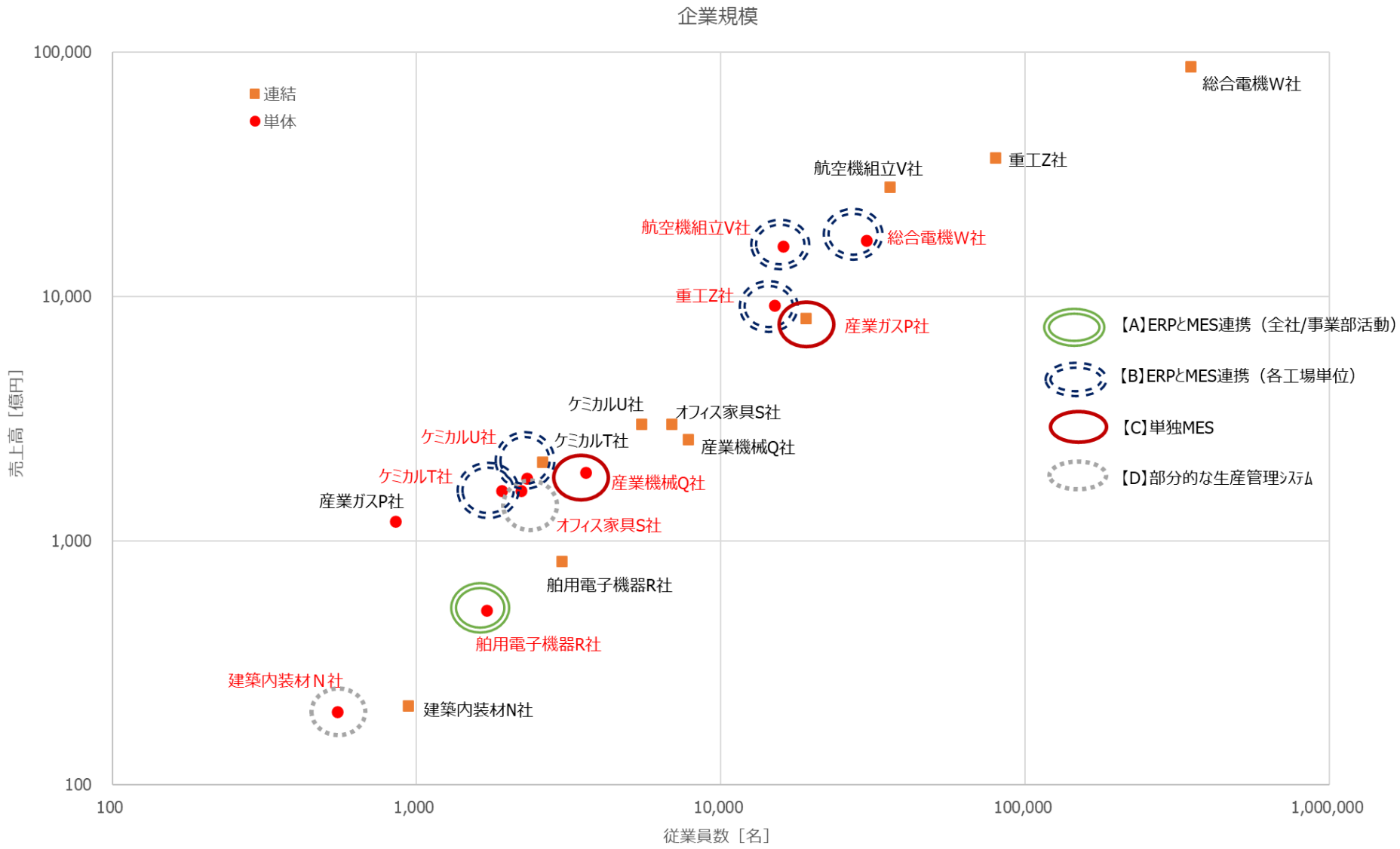


図 4.4-1 企業規模による MES 導入状況

4.4.1.3　生産形態による MES 導入状況

生産形態によって MES の導入状況の違いに関係があるかどうか、(表 4.3-1、表 4.3-2) 企業情報の生産形態と合わせて、再度、表 4.4-1 の導入状況を再整理したのが下記の表 4.4-2 である。

A.全社または全事業部的な活動で MES を導入し、上位 (ERP) と連携されている。	MTO (舶用電子機器Ｒ社)
B.各工場単位で MES を導入し、上位 (ERP) と連携されている	MTO (航空機組立Ｖ社) MTS, ETO (ケミカルＴ社、ケミカルＵ社) MTS, ATO, MTO, ETO (重工Ｚ社、総合電機Ｗ社)
C.各工場単位で MES を単独導入し、上位 (ERP) とは連携されていない。	ETO (産業ガスＰ社、産業機械Ｑ社)
D.部分的に個別の生産管理ｼｽﾃﾑを使用	ATO (一部 MTS) (建築内装材Ｎ社) ETO (一部 MTO) (オフィス家具Ｓ社)

表 4.4-2 インタビュー先各社 MES 導入状況分類と生産形態

導入状況を企業単位で分類したため、生産形態の違いによる傾向は、上表からは残念ながら読み取れない。ただし、同じ企業内でも大ロット品、量産品やバルク品 (MTS、ATO の生産形態が多い) の工場では高い MES 導入効果を期待できる一方で、小ロット品・ファイン製品 (ETO、MTO が主) の生産ラインへの MES 導入には困難を抱えているとの声も今回のインタビューでは多く聞かれた。
生産形態による MES 導入の実態を把握するためには、同じ企業内における製品や生産形態別に状況を確認するなど、さらに詳細な調査が必要である。

4.4.2　その他、インタビュー結果からの気づき事項

4.4.2.1　MES 各機能の使用状況について

前節 (4.4.1) で述べたように、自社で使用している生産管理システムを MES と認識していなくても、実際にはほとんどの製造業企業で何らかの生産管理システムを導入している状況と考えられる。ここでは機能別にその使用状況について、インタビューから得られた気付き事項を整理する。(表 4.3-3 も参照)

- ■ 計画・指示系機能
  - ➢ ほとんど全ての企業が使用しているが、複数のシステムを組み合わせている例が多い。例えば、大工程や中長期の計画は ERP で行い、細かい各工程や日々の計画は MES を使用しているようなケースである。
  - ➢ 個別のスケジューラーソフト (APS) と組み合わせて計画を行っているケースも多くみられる。
  - ➢ 製造指示書などの帳票発行機能は、ERP、MES、個別のスクラッチシステムなど企業によって担っているシステムが様々であった。
- ■ 実績・モニタリング系機能
  - ➢ ほとんど全ての企業が使用しており、実績の見える化による生産性向上が MES 導入のきっかけとなる主要因になっていると思われる。
  - ➢ 元々は QR コード (やバーコード) をハンディターミナルで読み込むと言った、基本的な進捗管理システムを自社でスクラッチ開発し導入しているケースが多い。

- ➢ ただし上位システムとのデータ連携などスクラッチ開発システムでは対応困難な課題が顕在化し、一部の企業では最新の MES パッケージ（＋カスタマイズ）の導入へ移行している。
- ➢ さらに収集データの分析や二次活用のために PIMS などを導入している企業もある。
- ➢ 製造実績の見える化が、作業員の意識向上にも役立っているとの意見もあった。

■ 品質管理系機能
- ➢ 比較的多くの企業で使用されており、生産性向上と合わせて MES 導入の主目的の一つと考えられる。
- ➢ 工程が複雑であったり、顧客からの品質要求が高い業種では、ほぼ必須の機能となりつつある。
- ➢ 別システムの LIMS として導入し、MES や ERP と連携して運用するケースもある。
- ➢ 一方で品質問題が顕在化しにくい製品を扱う業種では、已然として紙ベースで管理しているケースもあるが、問題が発生した場合は要因をトレースするために多大な労力が必要となっている。

■ 原価管理系機能
- ➢ MES と一体に使用されているケースは少なく、別システム、または ERP で管理している企業が多い。
- ➢ 個別やリアルタイムでの原価管理が進んでおらず、運用している標準原価と、実績原価との間に差異が生じているとの話も聞かれた。
- ➢ 進んでいる企業では、CCC（Cash Conversion Cycle）改善を目標に掲げている。

■ 作業者管理系機能
- ➢ MES と一体に使用されているケースはまだ少なく、データを収集し、作業員負荷平準化や作業性改善に活用している企業は少数である。
- ➢ IoT を活用した作業管理システムの導入を試行したが、現場の評判が悪く定着しなかったという事例もあった。

■ 在庫管理・搬送系機能
- ➢ WMS やハンディターミナルを使用した入出庫管理システムなど、何らかの在庫/倉庫管理機能はあるものの、MES と連携させて運用している事例はまだ少ない。
- ➢ 一方で先行して取り組んでいる企業では、「情物一致」を目標に掲げ、棚卸作業の精度と日数が劇的に改善されたなどの成果を上げている。
- ➢ ERP と MES との機能分担で議論になるケースもある。

■ 設備保守系機能
- ➢ 設備保守は各工場単位でそれぞれに行われており、MES と一体的に運用されているケースはまだ非常に少ない。
- ➢ IoT を活用した予防保全システムの PoC に取り組んだ事例はあるものの、定着には至っていない。
- ➢ 先行した取り組みとしては、「IBM Maximo」や「日立 Lumada（ルマーダ)」などのソリューションプラットフォームを導入し、保守/保全データの収集や二次利用を進めている事例もある。

また、使用している MES がベンダー製のパッケージか、自社でスクラッチ開発したものかについては、ほぼ半々であり（表 4.3-2 参照)、これは、前章アンケート結果（3.1.2 章)、および市場調査（付録１）から得られた傾向と一致している。
パッケージ MES を導入している事例は、比較的最近（10 年以内）に導入または更新されている例が多く、パッケージと言っても何らかのカスタマイズを行い導入されているものと思われる。

4.4.2.3 上位/下位システムの有無、接続状況について

上位システムについては、インタビューした全社が ERP または業務系の基幹システムを導入していた。そのうち、MES と連携して運用していることが確認できたのは、10 社中 6 社であった（表 4.3-2 参照)。
傾向としては、前節で述べたベンダーパッケージを使用している場合は、ERP 更新と同じ流れで導入されているケースが多く、全てが上位システムと繋がっている。
一方で、10 年以上前から導入している自社スクラッチによる MES を使用している場合は、ほぼ単独使用されている状況であった。
下位システムについては、ディスクリート系の工場では一部で IoT によるデータ収集が行われているものの、MES を含む他システムとの連携活用はほとんど進んでいない状況であった。ケミカル関係などプラント/プロセス系の工場では DCS や SCADA が導入されており、一部は MES と接続されデータ収集を行っているが、システムが未接続で入力は手作業で行っているラインが已然として多いとの話があり、これについては当初の想定に反して MES との連携が意外と進んでいない印象であった。

4.4.2.4 MES 導入の経緯と効果について

MES 導入と活用が進んでいる企業の特徴（表 4.3-4 参照）としては、全社または全事業部的な生産性向上活動の中で、経営層の理解を得て、ERP 更新などと合わせて最新の MES 機能を導入しており、今回インタビューした中では舶用電子機器 R 社がそのような導入経緯であった。
また一方で、品質トラブルをきっかけとした顧客対応など、どちらかと言えばネガティブな要因がきっかけとなり、品質トレーサビリティの対応力向上のため、MES の更新・導入につながった事例もあった。
いずれにせよ、MES や ERP の活用が進んでいる企業では、経営層の理解とリーダーシップが大きな推進要因であったと考えられる。

MES 導入時の主目的と範囲（表 4.3-4 参照）について、インタビューから得られたキーワードについて多かった内容から並べてみると、下記の通りとなる。

1. 製造・作業実績管理
2. 品質管理の向上/効率化
3. 生産性向上/LT 短縮
4. 「情物一致」
   ヒューマンエラー防止
   データの分析・二次利用
5. 自動化・省人化対応
   少量多品種生産対応

また、MES 導入により大きな効果があった事項について、同様にインタビューから得られたキーワードについて多かった内容から並べてみると、下記の通りとなる。

1. 品質の向上・安定化
2. 品質問合せ対応のスピードアップ
3. LT 削減/大幅短縮
4. 納期問合せ対応のスピードアップ
5. 作業・設備負荷割り当ての最適化
6. データ二次利用による改善活動・保守
   在庫管理・棚卸作業の効率化
   運用保守コストの削減

7. 技能の標準化・形式知化
   作業員の意識改革
   原価分析・管理の精度向上
8. 監査対応の効率化
   CCC 改善

特に LT 削減、品質問合せ対応のスピードアップ、棚卸作業の効率化については劇的に向上したとの声があった。

4.4.2.5　MES 導入の障壁と課題について

前節で経営層の理解が MES 導入の大きな推進要因であることに触れたが、逆に言えば経営層の理解度が低い場合には MES 導入の大きな障壁になる。インタビューでは、各社の経営層の理解について感じているところを担当者へインタビューを行った。その中からネガティブなキーワードとしては下記のような意見が聞かれた。(表 4.3-6 参照)

- 投資対効果の説明が難しい
- システムへの投資は優先順位が低い
- 経営層の MES への理解が低い

一方で、比較的経営者が前向きに取り組んでいる企業担当者からは、下記のような意見が聞かれた。

- 担当役員レベルが MES 導入に積極的に関与
- DX へ積極的に取組む意識あり
- 顧客要求への対応に必要と認識
- 経営層が現状打開の問題意識あり

また、MES 導入の影響を直接受ける社内関係者の理解も、MES 導入の推進に関わる課題である。インタビューではこの点もインタビューを行った。導入の際に上がったネガティブな反応としては下記のような意見が聞かれた。(表 4.3-6 参照)

- 現状の仕組み変更への抵抗が強い
- 積極的な動きが無い/受け身の姿勢
- 一部担当者の問題意識に留まる
- 上流側の作業負担増への懸念

特に、現状の変化への抵抗については各社多かれ少なかれ共通の課題があり、いかに現場の負担を軽くして導入を進められるかどうかが、一つのカギになると考えられる。
一方で、MES 導入または導入のための活動と通して得られた社内のポジティブな変化について、下記のような声も聞かれた

- 部分最適から全体最適への意識変化
- 事例/効果の情報共有による意識向上

また、各社で MES（または相当する生産管理システム）を使用している中で感じている現状と今後の課題についてインタビューしたところ、下記のような声が聞かれた（表 4.3-7 参照)。概ね多かった順に記載する。

- 上位・他システムとの連携
- システムの運用コスト増
- 小ロット品への対応
- 機能の拡張性、柔軟性への対応
- セキュリティ対応
- 生産管理の見える化
- データの二次活用、分析

- さらなる高度化・スマート化への取り組み
- 品質管理の効率化
- 在庫管理の効率化

特に異なるシステム間の連携と、運用維持のコスト増に対して、大きな課題と感じられていることがわかった。

さらに、各社で MES 人財の育成状況についてインタビューしたところ、10 社中 8 社が社内で計画的に育成できていないとの回答であった（表 4.3-7 参照)。当初の導入時メンバーがそのまま担当を続けており、異動や退職があった後の後継が育っておらず、一部システムの今後の維持管理に支障が出始めているとの声もあった。

4.4.3　インタビューからの気づき事項のまとめ

今回のデプスインタビューでは、当研究会からの要望に快く応じていただいた各社の MES 関係者に直接お話をお伺いすることができた。アンケート結果からだけでは伺えない、MES 導入の動向や課題についての背景の一端を聞くことができたと考える。
一方で、今回は各社の MES に直接かかわる担当者へのインタビューの中で、やはり MES 導入には経営層の理解が非常に重要な役割を果たすことも確認できた。その経営層の方々が実際にどのような意識、理解を持っているかについて、さらに直接インタビューなどで確認することは、より正確に状況を把握するために残された課題である。
今回のインタビューでは各社の生々しいお話も伺えたが、詳細な記録としては研究会内で保存し今後の分析に活用させていただくとともに、来年度以降のさらなる調査機会を窺うこととする。

5 章　MES の先進取組み事例

はじめに

前章までに、ENNA 主催による公開オンラインシンポジウム、「工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来」を通じて収集したアンケート結果、および(株)富士経済により作成された付録 1. を元にして、MES ベンダー、国内での MES 導入および活用状況についての情報収集と分析結果を示した。
製造業における MES 適用においては、製造工程の特性による違いから”ディスクリート系”と”プロセス系” の大きく２つに分かれ、MES に要求される果たすべき機能も大きく異なる。特に”ディスクリート系”においての MES を取り巻く多くの課題に重点を置き、本章ではその課題解決に繋がる各社の様々なチャレンジを『MES の先進取組み事例』という視点からとりまとめた。
なお、本章でフォーカスしたポイントをも念頭にして、７章においては我が国における今後の MES 活用に向けての提言として、”MES の普及・利活用に向けた戦略”について説明する。

5.1　ディスクリート系とプロセス系での MES/MOM の違い

製造業における MES 適用において、自動車・電機ほか製造での”ディスクリート系”と、半導体・三品(食品/医薬品/化粧品)・ケミカルほか製造での”プロセス系”では、各分野における各種製品の製造工程における特性の違いから、MES に要求される機能・柔軟性・連携性ほかにおいて、ある意味全く異なるものとなり、従って MES 導入の背景・歴史に関して、また現在までの進捗度合いにも大きな違いがある。

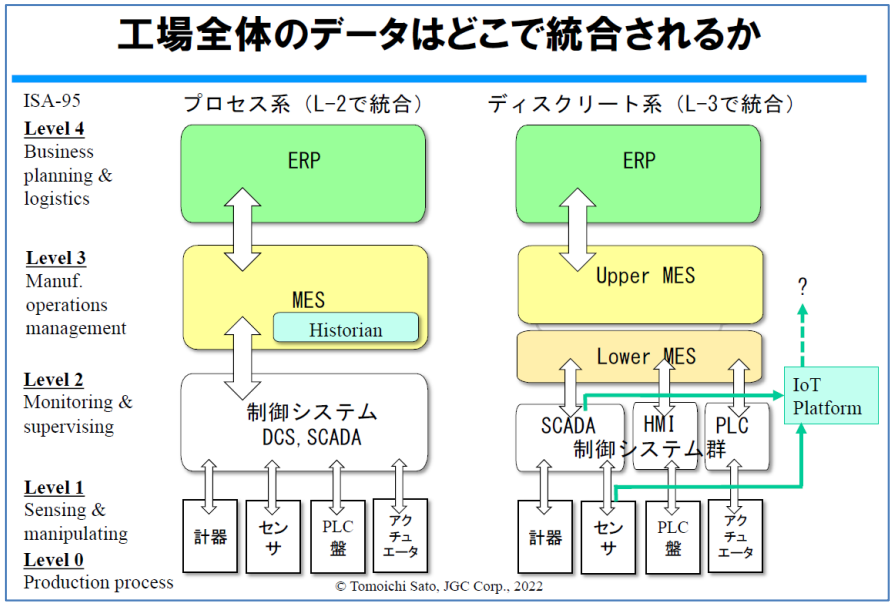


図 5.1.1　プロセス系とディスクリート系のデータモデル [22)]

”ディスクリート系”製造での各社の利益の源泉は、製造コスト削減・品質向上等での現場での継続的な多大な尽力の積み重ねであると言える。しかし、逆にこれは製造工程や手順の変更が常に頻繁に必要になる結果からは避けられず、その変化に適した柔軟性の高い製造マネジメントシステムが必要(MES への要求)ということが最大課題の一つである。また医薬系では GMP 要求へ対応する必要があり、更に難しさが増す。

国内製造工場では日々、(現時点でベストな)製造が継続されているわけであるが、それは上図の通り、(ISA-95 の Level-3 に該当する)品質・コスト・納期・人材・在庫等々の製造マネジメント業務での様々な変化に、人手により対応が出来ているからである。また本社の生産計画と、生産現場の

間を繋ぐ重要な役割をも人が担っている。更に今後、多品種少量生産へのニーズの高まりもあり、この課題を更に大きくするものである。
一方、”プロセス系”では，製造ライン設計時からプラント・ライフ(例、20～30 年間)を考慮した現場ハード構成と Level-2 での統合制御システムとが(“ディスクリート系”と比較して)ほぼ変化なく継続的に使用され、生産計画に合わせたシステムのパラメータ設定変更や段取り替え、日々の保安・保全活動が人による主な業務となる。

しかし、従来、国内製造業での高品質・高効率かつ安価なコストでの製造を支えてきた優秀な製造現場人材を将来も確保し続けることは困難であり、これは”ディスクリート系”と”プロセス系”の両方の分野において、将来に向けての共通課題である。
”プロセス系”では特に事業継続の最大リスクとして年々増大している、プラント設備の経年劣化からの事故発生を防ぐべく保安人材の減少、を補う点から経済産業省保安課を中心とした(デジタル化による)”スマート保安”を推進している。一方、“ディスクリート系”では(MES 等を導入しない場合)、優秀な製造現場人材不足は製造マネジメントそのものの継続が絶たれる事に直接繋がるものであり、将来の人材不足による影響は“ディスクリート系”製造業において、より深刻な課題になってくるであろう。

5.2　事業環境から MES に求められる要件

下表(付録 1.頁-7 より転記)に示される通り、“ディスクリート系”と”プロセス系”の両方において、取り巻く現在および今後の様々な環境から、MES に要求される重要なポイントは以下の通りである。

業界分類	データに関する動向	MES 採用拡大ポイント	ベンダー施策	方向性
ディスクリート系（自動車、電機）	・MES が採用されていなかった業界 ・工程毎にデータ収集 ・IoT-PF にて粒度の高い情報を収集 ・データの意味づけ目的にて MES の採用が始まっている	工程や手順変更が頻繁に発生するディスクリート系業界に適した柔軟性の高い MES が必要	・パッケージのライブラリ充実化 ・周辺システムとの連携強化（統合 1DB） ・サブスクリプションによるイニシャルコスト低減	・工場のデジタル化に伴い MES の必要性が高まる ・変種変量生産や工程変更に対応可能となれば、ディスクリート系業界への普及が進む ・プロセス系中堅中小企業へはコストダウンが一つのカギとなる
プロセス系（半導体、三品、ケミカル）	・MES 採用が当たり前の業界 ・MES を中心に工場データ基盤を構築	DCS で完結している中堅中小企業への採用を促すことがポイント		

注：PF…プラットフォーム　　※　食品・医薬品・化粧品

これらから、MES を導入するに当たっては、内外の諸処事情を鑑みた上での”現在”出来る事”からスタートを試み、結果として、将来の MES 最終目標に向かう流れは、以下図の通りになると考えます。

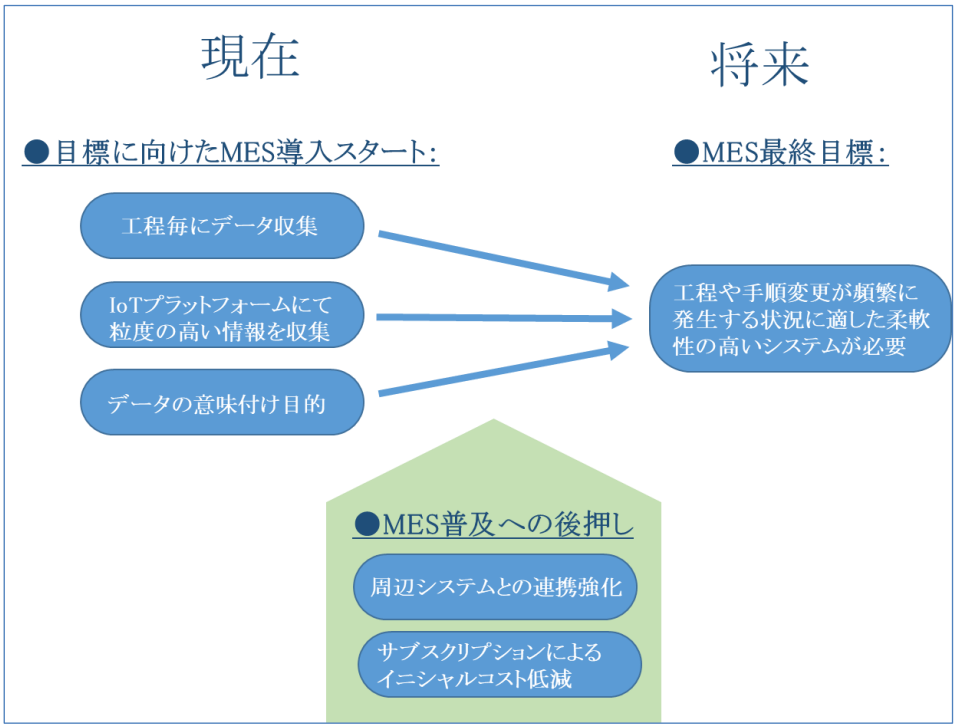


図 5.2.1：将来の MES 最終目標に向けての流れ

また、MES の導入実態を調査した結果、各社における事情の違いや、MES ベンダー側でのシステム対応経緯から、これまでは MES/MOM を内製している製造会社が多かったことも頷ける。そもそも現時点での国内製造業で MES/MOM を部分的にでも既に導入していること自体が”先進的な取組み”ではあるが、あらためて各社の MES 取り組みにおいてどこが”先進性”であるかに焦点を当てる事とする。
付録 1. の”章Ⅱ. ユーザー事例集計”では、MES に関する各項目の集計結果サマリーが示されているが、あらためて”先進な取り組み”として取り上げられる点は以下の通りである。

■ MES のカスタマイズ ・ 搬送効率化、着工ミス防止機能、ウエハ移載自動化、
進行オペレーション・判断の自動化､各システムとの連携、など
※カスタマイズを行う事が良いというわけではなく、今後、様々なライブラリからの組合せで対応可であれば望ましい
※カスタマイズしてまでも MES を導入したという製造マネジメント IT 化への尽力が”先進的な”取り組みであったと考えられる

■ MES 機能 ・ 製造指示、データ収集、プロセス管理、トレーサビリティ
※過半数の企業が本機能を MES で実行している。
・ 生産資源配分と監視、作業者管理（1 社）
※保守・保全の取り組みについては、MES とは別系統のシステムとしているケースが多い。

■ 情報データ収集範囲: ・ 工程の枠を超えて工場全体での情報収集(9 社)
・ 国内の複数工場のデータを連携（5 社)
・ 海外工場との連携、サプライヤー連携 （一部）

■ 製造装置から情報取得 ・ 既設が古い設備である為のデジタルインターフェースが必要
・ 複数メーカーによる装置・コントローラからのデータ収集が必要

■ 国際規格への準拠 ・ MES 国際規格対応 (1 社のみ海外拠点にて)
・ 国際規格への対応は現時点では未だあまり意識されていない。

■ 収集データ項目 ・ センサ、設備稼働、生産数、制御 (大半の企業)
・ ワーカー情報、品質、原料情報

■ データ活用目的 ・ 生産状況の見える化、設備稼働監視 (IoT、多くの企業が実施)
・ 品質向上が期待されている

■ データ収集範囲拡大 ・ サプライヤー情報連携
・ AI を活用したデータ分析
・ ナレッジ化は熟練技術をデジタル化しての技術継承・育成に活用

■ 通信接続 ・ 有線+Wi-FI 併用 (殆ど)、セルラーの採用(4 社)
・ 高信頼性かつ低遅延のローカル 5G に関心を持つ企業が多い

■ クラウド活用 ・ クラウド活用 (4 割)
・ 自社内に情報システムを保有しサーバーを運用するオンプレミス形態

5.3 MES 導入における先進的な取組み事例

上記の視点から、各社の MES 導入事例における” 先進的な取組み”に関連する部分を本章であらためてハイライトする。
なお、以下の各社における取り組み事例が示している通り、”ディスクリート系”と”プロセス系”向けによる違いのみならず、製造品の種類、業界でのデファクト、製造工程における重点ポイント、社内における DX 推進部署の存在や DX 人材、等々の様々な要因から、各社に適した MES 導入を進めるべく変遷を辿ってきている事がわかる。
なお詳細については、付録 1、をもご参照頂きたい。
また、MES および取り巻く詳細機能等に関しては、”7 章 MES/MOM の普及・利活用に向けた戦略”の”7.2 MES/MOM が提供する価値”での”図 7.2.1 工場を構成する業務要素”および”図 7.2.2 MES/MOM の提供価値”、更に”7.3 MES/MOM の適用範囲と他システムとの関係”の”図 7.3.1 製造マネジメントの業務機能をカバーするシステム群 (MES/MOM) ”を参照頂きたい。
一方、MES 周りでのデータ連携・機能・導入目的等での”先進性”にハイライトして各社事例を理解する際に、典型的な MES を中心とした全体システム構成例を以下図の通りに示したので参照頂きたい。

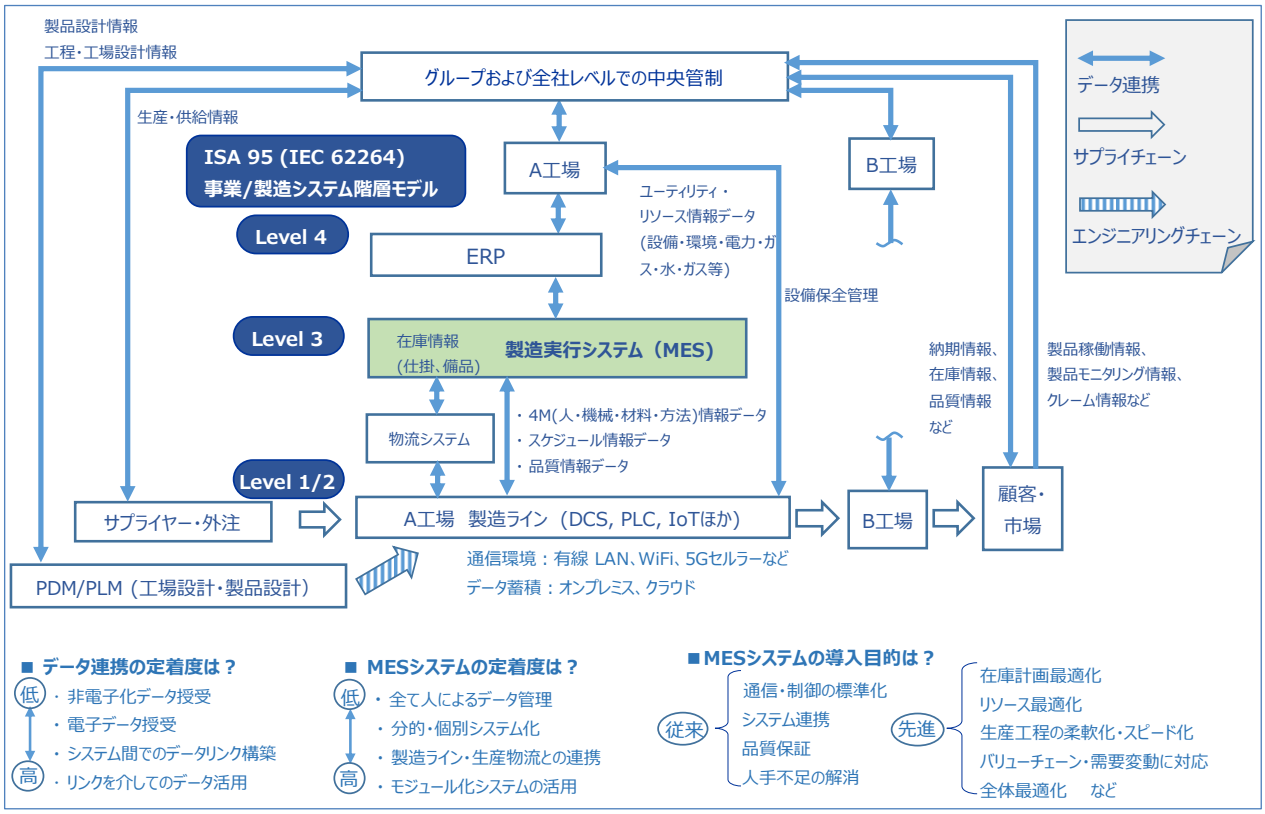


図 5.3.1： MES を取り巻く全体システム構成の例（先進性の観点から）

5.3.1　自動車部品Ａ社

■概要：

✓　生産品目は、モータ・カーエアコン・半導体等であり”ディスクリート系”。

✓　データ収集・製品品質管理・プロセス管理・設備の保守・保全管理・実績分析までを MES 機能としている。

■先進的な点：

✓　国内の複数工場を含めた国内工場全体を対象としており、全社レベルでの MES 導入が進んでいる。

✓　頻繁なスケジュール変更等から、MES ベンダーのパッケージソフト適用ではアップデートにコスト＆時間が掛かるので、内製化で進めるとした判断、また内製化が出来るデジタル人材の確保＆育成がカギであったと考える

✓　MES 内製化において、最も必要とされる MES システムの拡張性や使い勝手を考慮している

✓　製造指示においては、ERP による製造指示が既に確立していた為、MES 導入時にカバーする範囲を製造情報収集・管理とした判断は現実的なソリューションであったと考える

✓　上記の背景もあり、MES をデータ活用の手段と定義し、データ活用の狙いを”全工場の見える化・改善活動の加速”として社内のコンセンサスを得たことが、全社 MES 促進の原動力になった点であろう。

✓　世界の全工場との情報連携を、MES システムで新たに構築するのではなく、IoT プラットフォームをベースに連携している

5.3.2 自動車組立Ｂ社

■概要：

✓ 生産品目は、トランスミッションであり”ディスクリート系”。
✓ データ収集、作業者管理、製品品質管理、プロセス管理、設備の保守・保全管理、製品の追跡と製品体系の管理、実績分析までを MES 機能としているが、他の機能は ERP で行い分担している。

■先進的な点：

✓ 各工場が最適なソフトを判断して MES ベンダーを決定しており、外部ベンダーの MES パッケージソフト(Dassault Systemes、Rockwell Automation 等)を導入している。同工場では IoT プラットフォームは採用されておらず、MES をデータ収集基盤と位置付けているが、各工場とも MES 導入が進んでいる
✓ MES ベンダーのシステム選定要件としては、使い勝手、各工場の既存システムとの親和性を重視した点が注目される。
✓ MES からのデータ活用目的としては、品質向上・生産状況の見える化・熟練技術継承としているが、これは従来から品質を第一としている故であり、近年は MES データ活用による作業標準化・自動化、作業訓練の導入を進めている。
✓ 現時点で工程内に留まっている情報連携範囲については、既にエリア単位で互いの工場データの閲覧を始めており、将来的には複数工場での情報連携を目指している。

5.3.3 総合電機Ｃ社

■概要：

✓ 生産品目は、PC、カーナビゲーション等であり”ディスクリート系”
✓ 材料管理、スケジューリング、製造監視（製造データ収集）、品質管理（トレーサビリティ）が MES での基本機能としており、MES は情報収集・管理機能を担う位置づけとなる。

■先進的な点：

✓ 生産企画部門内に同社工場をスマート化する為の専門組織を設立し、スマート化を進める為のソフトウエアやツールを開発し、各事業部に提案している。
✓ 工場の製造現場では MES と IoT プラットフォームを組み合わせており、両者を上手く組み合わせて用途に適したシステムを構築している。なお設備保守・保全管理は別ソフトにて実施している。
✓ 現在、MES 等でのデータ収集の目的は” 進捗管理”であり、装置の稼働状況（センサ情報含む）、人手作業の進捗情報、品質情報等のデータ収集・管理を行っている。
✓ MES 等のデータ活用においては投資の効果を最も重視しており、最大限にカイゼンできることを常に念頭に置いており、収益性向上、ロス削減、設備稼働監視、熟練技術継承、全体最適が狙いである。
✓ データ連携では複数工場と連携しており、中国の一部ではサプライヤーとも連携しているが、ロス削減、全体最適については特にサプライチェーン改革によるカイゼンの余地が大きいとみておりデータ収集範囲の拡大を進めている。

5.3.4 電機Ｄ社

■概要：

✓ 生産品目は、電子機器等であり”ディスクリート系”
✓ 差立て・製造指示、プロセス管理、製品の追跡と製品体系の管理、実績分析までを MES 機能としている。

■先進的な点：

- ✓ 近年はデータ収集、設備監視等を目的として IoT プラットフォームを軸とした製造現場の IT 化が進んでいる中、MES はサブ的な位置づけにある。
- ✓ MES 内製においては、コストおよび上位システムや現場との親和性が重要としている。
- ✓ 長年、自動化を図る過程で IoT プラットフォームをベースとしてきた取り組みの中で、設備の予兆保全、品質向上を目的として、様々なデータが収集されている。
- ✓ OT(Operational Technology) 情報取得においては、データフォーマットを共通化させるために専用のソフトウエアを採用している。また、異なる PLC のデータを統一するためにデータ収集用 PLC を別途設けるケースもある。一方で IoT 対応していない古い設備や海外のインフラの脆弱性によりデータ欠損が発生しており、課題となっている。
- ✓ 特に海外工場の見える化では、データを基に話すことで海外工場の理解度も高まっている
- ✓ 今後は、人手作業を見える化する”ナレッジ化”、および設計データの積極活用として、3D データの全工程での活用とそれを元にした CAE、VPS（仮想生産シミュレータ）等を積極的に活用していく。

5.3.5 半導体Ｅ社

■概要：

- ✓ 生産品目は、半導体集積回路であり”プロセス系”である。
- ✓ MES が製造情報の中心的位置付けにあり、生産スケジューリング、製造指示、データ収集の機能を果たしており、Fault Detection Classification(以下 FDC)情報等をも MES に集約している。

■先進的な点：

- ✓ MES ベンダーのシステム(SIView)標準品にカスタマイズ(搬送効率化・着工ミス防止機能・ウエハ移載自動化など)を施した。理由は、搬送周り効率化での”生産性向上”、および着工時ミス削減での“歩留まりを上げる”ことが狙いであり、”変種変量対応”でもある。
- ✓ 情報データ取得においては、SEMI 規格準拠による”製造装置から上位システムまで”の統一、また EES (Equipment Engineering System)に準拠した装置納入要求とした為、データ取得(FDC へのデータ出力)がやり易くなったとのこと。
- ✓ データ活用目的は多岐に渡る*1が、製造に直接関わるデータは MES にて、予兆保全等に関わるデータは FDC にて収集している。(注*1：品質向上、生産状況の見える化、ロス削減、設備稼働監視、予知保全、生産性向上、全体最適、人件費削減、収益性向上、カイゼン活動のデジタル化、変種変量生産対応)
- ✓ 今後、データ活用においては AI 活用も含め範囲を広げていく*2、また他工場への展開や、工場内情報収集量を増加させていく。(注*2：データ収集範囲の拡大、AI 活用等分析技術強化、ペーパーレス化、データ分析人材増加、大規模データ基盤の構築、ナレッジ化、設計データの積極活用)

5.3.6 半導体Ｆ社

■概要：

- ✓ 生産品目は、半導体 (Analog, CMOS, CIS, RFCMOS/SOI) であり”プロセス系”
- ✓ MES が製造情報の中心的位置付けにあり、プロセス進捗に関わる情報を収集しており、製造指示、データ収集、プロセス管理、トレーサビリティの機能を果たしている。また、Fault Detection Classification(以下 FDC)情報等をも MES に集約している。

■先進的な点：

- ✓ MES ベンダーのシステム(SIView)標準品にカスタマイズ(進行オペレーション・判断の自動化)を施した。理由は、進行中のプロセスを自動判断・制限する機能であり、例えば、 A 品種を作る際の特有の工程が枚数を分けて処理するような場合、自動分岐する等に用いている。
- ✓ MES による製造指示、OT(Operational Technology) 情報収集については SEMI 規格に準じており、スムーズにシステム構築が出来た。但し FDC にて収集する装置稼働情報を出力する波形は

製造装置メーカー毎に微妙に出力方式が異なる為、自社にて出力方法を揃えるツールを開発した。。

- ✓ データ活用目的としては、MES にはプロセスの進捗状況を把握する為のデータを収集している。制御、設備稼働、生産数、歩留まり等であり、これらを踏まえ、生産予測を作成している。
- ✓ 製造装置に設置しているセンサ情報は FDC （Fault Detection Classification）サーバーにて収集している。FDC は MES とデータ粒度が異なる為、MES よりも高速処理可能な DB を選択している。

5.3.7 食品G社

■概要：

- ✓ 生産品目は、調味料、ドレッシング、サラダ等であり”プロセス系&ディスクリート系”の両方に跨る。
- ✓ 生産スケジューリング、製造指示、プロセス管理（生産準備、トレーサビリティ、実績分析等を含む）までを MES 機能としている。

■先進的な点：

- ✓ 同社は材料投入ミス防止目的に自社開発したシステム（以降Ｘシステムとする）に MES 機能を追加する形で開発し、平成１年から導入している。Ｘシステムは MES と生産管理システムの両方の機能を持っている。
- ✓ 特に同社で最も重要な品質管理の根幹は原材料管理であるが、”プロセス系”製品工場(調味料等)から導入を始め、”ディスクリート系”製品工場(総菜等)にもＸシステムを導入している。
- ✓ MES が製造指示を出しているのは、上流の配合工程が中心となっている。配合は一番課題が多い工程であり、同社では設備が統一されている。現場ではバッチ単位で製造基準値、工程マスター情報（機械の設定情報等）を追加登録している。
- ✓ 複数工場連携では原料を工場間でやり取りする情報連携が進んでおり、生産管理システムで受入情報を管理している。
- ✓ サプライヤー情報連携では当面必要な原料の必要量をサプライヤーに提示する現資材変動表を導入している
- ✓ AI は既に原料検査にて活用しており、さまざまな原料への対応、検査精度の向上に加えて、需要予測や OCR への活用も検討されている。
- ✓ 工場では有線を主体に活用しているが無線も積極的に活用しており、ハンディターミナルによる抜き取り検査結果の自動入力等に利用されている。ローカル 5G についても関心を持っており、低遅延で信頼性が担保できれば、設備のフレキシブル性、レイアウトの柔軟性が高まると期待しており、設備のインターロック信号にローカル 5G を用いることも想定している。

5.3.8 化粧品H社

■概要：

- ✓ 生産品目は、各種化粧品であり”プロセス系”
- ✓ 生産スケジューリング、生産準備、製造指示、トレーサビリティが MES での基本機能としている。

■先進的な点：

- ✓ 生産企画部が、(MES も含め他)全社的な製造系 IT システムの選定・導入、IoT、データ活用等の取り組みについて主導している。
- ✓ 既設 MES は社内で標準化されており、工場毎のカスタマイズはない。緊急時のスケジュール割り込みは自動化されておらず、マニュアルにて対応している。但し専用のスケジューラーと比較すると機能的に劣る。
- ✓ プロセス系のプラントであることより、情報データ活用の実態は DCS 経由で行っているものであり、MES と DCS がデータ収集の中心となっている。

✓ MES による情報収集において、工場内には古い設備も多く、OT(Operational Technology) 情報取得において苦慮しており、データ取得の為の各種ハードでの対応をも行いデータを取得している。

5.3.9 ケミカル J 社

■概要：

✓ 生産品目は、各種樹脂製品・化学品であり”プロセス系”
✓ 製造指示、品質管理、データ収集、プロセス管理、トレーサビリティが MES での基本機能としている。

■先進的な点：

✓ プロセス系のプラントであることより、情報データ活用の実態は DCS や PLC 経由で行っており、上位に横河電機の MES が導入され、製造指示と品質管理の機能を担っている。
✓ J 社用に横河電機製 MES はカスタマイズされており、他のシステムとの親和性を重視しており、国内全工場に導入済である。
✓ なお、トップダウンでのデジタル化を推進すべく、専任部署として生産戦略部門が設立され、経産省保安課が業界で推進している高度な自主保安(スマート保安)を進めるべく尽力している。
✓ 最近はソフトセンサと AI の組み合わせにより、センサだけでは把握することが難しいデータについても高精度予測を実現している。
✓ 現在のオペレーターによる運転操作変更を AI を活用する方向性で実証実験を進めており、運転技術が標準化、形式知化され、熟練オペレーター不足が解消されると期待している。

5.3.10 ケミカルK社

■概要：

✓ 生産品目は、各種樹脂・化学品であり”プロセス系”
✓ 製造指示、データ収集、プロセス管理、実績分析が MES での基本機能としている。

■先進的な点：

✓ プロセス系のプラントであることより、情報データ活用の実態は DCS や PLC 経由で行っており、MES を中心に DCS 等を組み合わせることで、粒度が高く大量のデータ収集・管理を実現している。
✓ MES については各工場単位で化学業界に強い MES ベンダー(横河電機、アズビル、日立製作所)のパッケージを選定し、導入にあたってはグループのシステムインテグレーターが SI を行っている。
✓ ヒストリアンとして OSlsoft 社の「PI System」を組み合わせて運用している。
✓ OT(Operational Technology) 情報を収集においては、ハードの違い等からデータの統合・統一をするべく ETL ツール等を活用して対応している。
✓ 全社的に DX 推進を主導する専任部署が設立されている。
✓ データ活用の主な目的は設備稼働監視としての生産状況の見える化、設備稼働監視であり、その延長線に予知保全がある。

5.3.11 舶用電子機器 R 社

■概要：

✓ 生産品目は、舶用電子機器等であり”ディスクリート系”
✓ 作業着手指示、工程管理、データ収集、製品トレースを利用している。その他、スケジューリング、品質管理

■先進的な点：

- ✓ MES は現場ドリブンで個別最適での自社開発としており、品質管理・工程管理・データ収集・背品追跡・生産体型管理・作業者管理を自社開発し、更に設備管理保全では IBM Maximo を導入中である。
- ✓ 生産が手作業によりタイムリーでなかった為、ハンディターミナルを導入し、倉庫の受入れ・払出しやプリント基板の作業履歴などをリアルタイムで電子管理可能とした。なお MES として MCFrame を採用した為、SAP との連携インタフェースを 17 本開発する必要があった。
- ✓ MCFrame 導入による最も大きな経営効果は、棚卸作業日数の短縮（実棚の精度速度が劇的向上）だが、一方で、システム内外の情報精度があがることで軽微なシステム改修が困難になった。
- ✓ 海外向けでのトレーサビリティ要求としては、米国再輸出規制のための部品トレース、特恵関税制度適用にむけた部品原産国の管理、EU の新たな化学物質規制(REACH 規制)や電気・電子機器における特定有害物質の使用制限(RoHS 指令)などに対応している。

5.3.12 工作機械Ｘ社

■概要：

- ✓ 生産品目は、工作機械等であり“ディスクリート系”
- ✓ 製造実行システム（MES）は自社で構築し、加工・物流工程管理システム（時間単位）と、完了実績管理システム（分単位）の機能を持つ。

■先進的な点：

- ✓ 本社工場敷地内に順次、未来工場を作る構想を進めてきた。
  - <Step-1> 複合機の部品加工・組立
    - ● ダイレクトマシニング： 機械上の加工準備作業を削減する
    - ● 新・生産管理システム： 計画生産と受注生産をつなぐ
    - ● 見える化システム： 生産状況変化に現場の知恵を活かす
  - <Step-2> 小中型機の部品工場
    - ● ロボットを駆使した自動化：重量ワークを生産する FMS 構築
    - ● 工場制御周期の高速化： 日単位から時間・分単位の作業指示へ
    - ● 新物流システム： RFID によるワーク ID を全部品に活用
  - <Step-3> マス・カスタマイゼーションを目指す（今後）
    - ● 自動化・無人化・知能化、工程集約
    - ● 生産工程の制御性能の向上（制御周期を短縮）
    - ● 全体最適（全生産工程の最適化）
    - ● サイバーフィジカルシステムにより実現指針をシミュレーション

- ✓ スマートファクトリー構築の課題意識と成功要因：
  - ・ 初期の実現成果と浮かび上がった課題から、生産担当役員（情報システム担当役員も兼任）が、技術部門・製造部門・情報システム部門などをまとめ、Ｘ社の Industrie 4.0 の基本構想を作った。
  - ・ 施策として MES を含む IT システム構築と生産設備の自動化システムを並行して進めた。例えば、ERP の工程間設定と製造現場現場での“時間単位の違い”(日単位の差立て、週稼働計算、など)が判明し対応を行った。
  - ・ 加えて、部品が素材から複数の加工工程を経て完成するまでのリードタイムの内、加工工程間の待ち時間及び搬送時間が 84%を占めることがわかり、加工が終わり次第搬送指示を出すための物流工程管理システムを導入した。
  - ・ 材料投入/搬送に当たっては、組立計画との同期が必要であるため「工程緊急度」を定義し、現場で優先度を判断可能とし、RFID で全部品にワーク ID を装着し、精確に加工・搬送の着手完了及び所在を管理・トラッキング可能とした。結果として、生産性向上と機械稼働率向上を達成し、生産リードタイムが劇的に短縮し、従来のほぼ 1/3 になった。

・　成功要因としては、多部門でワイガヤを行い、問題を整理して、システムで新しい仕組みを構築し、実践で検証した。こういうサイクルを回して、仕組みを使う人達と作る人達との共感の場を創った。

6章 MES関連規格の考察

6.1 MES/MOM関連規格の全体像

今回、国内製造業へのMES導入状況に関するインタビューを、(株)富士経済より10名(社)、ENAA研究会より11名（社)、計21名(社)に対して行ったが、MESを導入している企業・工場であっても、MESを規定するとされる国際規格ISA95/IEC62264を意識しているところは皆無に等しかった。

一方、スマート工場研究会が開催したMESシンポジウムにおいてMES製品紹介を行ったベンダー5社のうち、一部のベンダーにおいてはISA95/IEC62264を意識して製品の開発や提供を行っているとの言及がなされている。

今回は、ISA95/IEC62264のパート1および3を実際に購入し、そこに何が書かれているのかの読解、考察を行った。また、ENAA国際標準部会に所属するIEC/TC65委員会にも参画している委員（以降、ENAA国際標準部会委員と略）からISA95が開発された背景等について聴取した。

(1) 規格開発経緯の振り返り

1.5節で触れた通り、MESという概念・用語は、1990年頃より米国内外に広まったもので、現時点で約30年の歴史を持つ。[1)4)5)6)7)9)]

1970年代から1980年代にかけ、日本の自動車、家電製品および半導体デバイスは米国を含む世界各国の市場を席捲したが、これに危機感を抱いた米国の産業界はトヨタ自動車のJIT(Just in Time)方式等を徹底的に分析し、その成果は米国半導体メーカー（Texas Instrument等）における最新鋭MESシステムの実装、それによる米国半導体メーカーの国際競争力再生を1980年代後半からもたらしたことが一部文献からも窺える[2) 11)]

1990年代は、欧米の各企業が基幹業務をERP(enterprise resource planning)というITツールに置き換える動きが進んだ時代であった[1)5)6)]、またイーサネット通信やウインドウズOSといったIT汎用技術・製品が誕生し、多くのITアプリケーション製品が実装されるようになった時代でもあり[25)]、複数アプリケーション間のデータ互換性や相互運用性が意識されるようになった。

こうしたことを背景に1995年から、ISAはMES製品の機能、仕様の標準化作業に着手した。現在までに表6.1-2、表6.1-3にまとめた計8パートのMES関連国際規格が、ISA規格およびIEC規格として発行されている。

また、これら規格の中では、MESという米国業界由来の用語が、MOMという、より規範的な用語に置き換えられている（唯一、ISO 22400-2のIntroduction中に”MOM, sometimes referred to as manufacturing execution system (MES)”という一文がある)。

ISO/IECは、TR63306という文書でスマート生産関連の規格（千件を超える）をカタログ化しているが、このカタログ上で”manufacturing operation”とある規格を検索すると、やはり表6.1-2に示す約10件がヒットする。なお、ISO 8000-8のみ、”manufacturing operation”を含んでいないが、ISO 8000-66の背景を理解するために取り上げた。

表 6.1-1 ISA95 開発前までの歴史経緯表 （参考文献 6）中の表を改変）

	製造業の戦略	製造業務の計画・制御システム	情報技術
		- コンピュータ業務システムの出現 - Material Requirements Planning (MRP)	- コンピュータ業務システムの出現 - PLC の標準が開発される
1970 年代	- 規模の経済 - 大量生産	- Closed-loop MRP - Distribution Resource Planning (DRP)	
1980 年代	- 品質 - 継続的改善	- Manufacturing Resource Planning (MRPⅡ) - Closed-loop MRP - Manufacturing Execution System (MES) (まだ""MES""とは呼ばれず) - Supply Chain Management (SCM) - Enterprise resource Planning (ERP)	- リレーショナルデータベース - 計算機ハードウエア - OS (オペレーティングシステム)
1990 年代	- 展開 (Delivery) - 世界的競争の激化 - 製造能力の更新 - 生産性の改善 - 廃棄物削減 - 製品種類の増大 - ジャストインタイム - サプライチェーンの枠組み - 領域/統合の経済	- 用語"MES"の誕生 - 統合 MES - Business Process Reengineering (BPR) - Supply Chain Management - REPAC Model	- オブジェクト指向プログラミング - クライアント/サーバー技術 - インターネット
2000 年		Planning と Control との間の隙間が狭まる	

表 6.1-2 MES 関連国際規格類 (ISA/IEC) [30) 31)]

ISA 規格番号・発行年		規格名称	IEC 規格番号・発行年	
ANSI/ISA-95.00.01 (IEC 62264-1 Mod)	2010	Enterprise-Control System Integration - Part 1: Models and Terminology	IEC 62264-1 Ed.1	2003
			IEC 62264-1 Ed.2	2013
ANSI/ISA-95.00.02	2018	Enterprise-Control System Integration - Part 2: Objects and Attributes for Enterprise-Control System Integration	IEC 62264-2 Ed.1	2004
			IEC 62264-2 Ed.2	2015
ANSI/ISA-95.00.03	2013	Enterprise-Control System Integration - Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management	IEC 62264-3 Ed.1	2007
			IEC 62264-3 Ed.2	2016
ANSI/ISA-95.00.04	2018	Enterprise-Control System Integration - Part 4: Objects and Attributes for Manufacturing Operations Management Integration	IEC 62264-4 ed.1	2015
ANSI/ISA-95.00.05	2018	Enterprise-Control System Integration - Part 5: Business-to-Manufacturing Transactions	IEC 62264-5 Ed.1	2016
ANSI/ISA-95.00.06	2014	Enterprise-Control System Integration--Part 6: Messaging Service Mode	IEC 62264-6 Ed.1	2020
ANSI/ISA-95.00.07	2017	Enterprise-Control System Integration-Part 7: Alias Service Model	未発行	
ANSI/ISA-95.00.08	2020	Enterprise-Control System Integration - Part 8: Information Exchange Profiles	未発行	

表 6.1-3 MES 関連国際規格類 (ISO) [32) 33)]

ISO 規格番号・発行年		規格名称
ISO 22400-1	2014	Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management - Part 1: Overview, concepts and terminology
ISO 22400-2	2014	Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management - Part 2: Definitions and descriptions
ISO 8000-8	2015	Data quality - Part 8: Information and data quality: Concepts and measuring
ISO 8000-66	2021	Data quality - Part66 : Data quality management : Assessment indicators for data processing in manufacturing operations

(2) 規格原文を理解しておくことの必要性

これらMES関連国際規格の部分的な和文解説書は、少なくない数で存在する[7)9)13)14)15)]。しかし、JIS規格化等による正規和文文書は現時点で発行されていない。また、今回の調査先において、MES国際規格を実際に読んでいると確認できたところは皆無に等しかった。

これは、例えば参考文献14）中にあるように 『ANSI/ISA-95の最大の効果は共通用語を定義したことである。(中略) 日本語訳をしたとしてもANSI/ISA-95の最大の効果である「共通用語の定義」の意味が薄れるため、今後のグローバル化を考えると大変であるが原文で内容を理解すべき。』 という事情もあるのであろうが、IEC 62264-1だけでも70ページある規格原文に、どのような概念が定義されているのか、またその概念は実務上守らねばならないのか、はたまた参考にするまででよいのかといったことについて、主要な関係者だけでも日本語で意思疎通ができる程度に知っておかなければ、IT化、デジタル化の面での国際競争力という観点からも問題があると考えられる。

今回は表6.1-2及び表6.1-3に示した関連規格類のうち、MESシステムの構造と機能を解説しているとされる次の6件の英文ISO,IEC規格を購入し読解を行った。

IEC 62264-1 Ed.2 2013, IEC 62264-3 Ed.2 2016, ISO 22400-1 Ed.1 2014
ISO 22400-2 Ed.1 2014, ISO 8000-8 Ed.1 2015, ISO 8000-66 Ed.1 2021

各規格の解読結果を、表6.1-4から表6.1-9 に示す。

なお、ENAA国際標準部会委員からは、最近IECが発行した白書「セマンティック相互運用性-DX時代のチャレンジ」[24)] が紹介され、同委員によるENAAセミナーも開催された[25)]。その上で、同委員からは IEC 62264-2,-4も読解しておくべき重要な規格であるとの助言を得た。これらIEC規格の源規格であるISA-95.00.02の紹介英文サイト[30)]には次のような記載があることも確認した。

“ The standard must define information exchange that is robust, safe, and cost effective. The exchange mechanism must preserve the integrity of each system’s information and span of control.”

表 6.1-4　IEC 62264-1 :2013 の章構成と要点

章立て	各章の要点
規格名称（和訳名称） **Enterprise-control system integration - Part 1: Models and terminology** **(事業システムと製造システムの統合－第 1 部：モデル及び用語)** ページ数 : 英文 77 ページ　(仏文 77 ページ)	
Foreward	- ISA/IEC の double logo 規格である - ISA-95.00.01-2010 を基にしている - IEC TC65 が、ISO TC184/SC5 とも協力して制定した
Introduction	- 事業ドメインと製造ドメインとの間の実用機能について、用語、概念を提供することを目的とする - Purdue Reference Model for CIM を基にしている - ISO 15704 の一部である
1 Scope	- MOM 領域(Level 3)および MOM 領域と事業領域(Level4)とのインタフェースを記述する - MOM 領域と製造管理領域(Level2)とのインタフェース記述は限定的である
2 Normative references	- IEC 61512（バッチ制御)、ISO/IEC 19501(UML 言語)、ISO 15704 を呼んでいる
3 Terms, definitions and abbreviations	- Level0 から 4、MOM 等の用語を定義 - Activity と function とは用語としての区別が無い(どちらも 3.1.1)
4 Enterprise-control system integration overview	- Purdue Reference Model for CIM だけでなく、MESA International 機能モデルも基にしている - 製造管理（MO&C）領域内の情報はこの規格の範囲外である
5 Hierarchy models 5.1 Hierarchy model introduction 5.2 Functional hierarchy 5.3 Role-based equipment hierarchy 5.4 Physical asset equipment hierarchy	- Fig.3 Function hierarchy が Level 0,1,2,3,4 の階層関係を図示 - この規格では plant の safety/reliability/efficiency 上重要な業務だけを定義する - 5.2.4 Level3 activities 中に 12 種類の業務(activity)を列記 - 組織階層を表現する用語も規定(Enterprise/Site/Area/Production 等)
6 Functional data flow model 6.1 Functional data flow model contents 6.2 Functional data flow model notation 6.3 Functional model 6.4 Functions 6.5 Information flows	- Level3 と Level4 とを包含する 12 個の機能を 6.4　Function 中に列記 - 各機能をつなぐ 30 個の情報フローを 6.5 Information flows に列記 - 機能と情報フローとを、Fig.7 Functional model にまとめて図示
7 Manufacturing operations management 7.1 Manufacturing operations management activities	- 6 章で列記した 12 個の業務機能を、Production/Inventory/Quality/Maintenanc

章立て	各章の要点
7.2 Manufacturing operations management categories 7.3 Other activities within manufacturing operation smanagement 7.4 Manufacturing operations management resources	e の 4 つの切り口に分類しながら、これらが MOM(MES)システムを構成する
8 Information model 8.1 Model explanation 8.2 Manufacturing operations information categories 8.3 Production operations management information	- 7 章で定義した Level3 が、Level4 との間で、別の 4 つの切り口（Schedule/Performance/Definition/Capability）で分類される情報のやりとりを行う - Capacity, capability 情報の事例や BOM と製造ルールとの関係等を図示している
9 Completeness, compliance and conformance	- 規格としての形式的位置づけの説明
Annex A (informative) Other enterprise activities affecting manufacturing operations	- 6 章では列記していないが、実際の MOM では扱うことも多い業務機能類を列記（security, regulatory compliance 等）
Annex B (informative) Associated standards	- 情報セキュリティ、文書/コンフィグレーション管理、法令順守、品質マネジメントに関する ISO,IEC 規格類および米国規格類計 70 件を列記 - ISO 9001,14001,OSHA 等も含まれる
Annex C (informative) Business drivers and key performance indicators	- MES 導入による諸効果（サイクルタイム低減、資産効率、アジャイル生産、サプライチェーン最適化等）についての言及
Annex D (informative) Questions and answers about the IEC 62264 series	- Purdue Reference Model の解説がこの規格から削除されたこと等への言及
Bibliography	- 1990 年代以前の MES モデル等に関する論文等計 18 件を列記

表 6.1-5　IEC 62264-3 :2013 の章構成と要点

章立て	各章の要点
規格名称（和訳名称） **Enterprise-control system integration - Part 3: Activity models of manufacturing operations management** **(事業システムと製造システムの統合－第 3 部：製造操業マネジメントの活動モデル)** ページ数 :英文 82 ページ　(仏文 82 ページ)	
Foreward	- IEC TC65 が、ISO TC184/SC5,JWG15 とも協力して制定した
Introduction	
1 Scope	- IEC 62264-1 が定義する MOM (manufacturing operation management)、Level3 の activities をこの規格では規定する
2 Normative references	- ISO 22400 を呼んでいる
3　Terms, definitions and abbreviations	- Manufacturing operation management(3.1.8)と production operation management(3.1.9)とを区別している - Tracing(3.1.11)と tracking(3.1.12)とを区別している - finite capacity scheduling(3.1.1)を定義している - 略語に、AGV,CAD,PLC,PLM,SCADA 等が現れている
4　Structuring concepts 4.1 Activity models 4.2 Manufacturing operations management elements	- MOM は、Production / Maintenance / Quality / Inventory の 4 つの operation management の集合である
5 Structuring models 5.1 Generic templates for categories of manufacturing operations management 5.2 Interaction among generic activity models 5.3 Gierarchy of planning and scheduling 5.4 Resource definition for scheduling activities	- “generic model for management of operations”を採用するとしている - Fig.2 Generic activity model ofmanufacturing operations management が、Production / Maintenance / Quality / Inventory の 4 つに共通するアクティビティモデルを設定している - アクティビティモデルにおける、資源割り当て、スケジューリングの考えが 5.2,5.3 節の約 4 ページにわたって記述されている。
6 Production operations management 6.1 General activities in production operations management 6.2 Production operations management activity model 6.3 Information exchanged in production operations management 6.4 Product definition management 6.5 Production resource management 6.6 Detailed production scheduling 6.7 Production dispatching 6.8 Production execution management	- 23 ページ(pp.20-43)にわたる長い解説 - 6.4 節（製品定義管理）では、IEC 61512 のマスターレシピや SOP 等を製品定義情報とするとし、定義を変えた場合に製造工程や KPI への影響も確認しておく等を記している。 - 6.6 節（詳細スケジューリング）では、具体例として finite capacity scheduling も解説されている。なお、Fig.10 の中に誤記が見られる（detailed production scheduling の部分が production resource management と誤記されている）

章立て	各章の要点
6.9 Production data collection 6.10 Production tracking 6.11roduction performance analysis	- 6.7節（生産指示）では、Level4から受け取ったWork Scheduleをもとに、material, man, machineおよびstorageを割り付けてLevel2へ渡すJob Orderの集まり Job Listを出力する。 - 6.8節（実行管理）では、生産指示が発行したJob listを受け取り、製品定義や資源情報を確認した上で、Level2へのJob orderを執行する。(Job listがそのままLevel2へ流れるのではなく、実行管理というワンクッションがある) - 6.9節（データ収集）では、Level2から吸上げたデータを、実行管理実績と照合した上で、6.10節（追跡）に回し、履歴情報とする。 - 6.11節（実績分析）では、資源割当て、製品定義、詳細スケジュール、収集データを総合してISO 22400が規定するようなKPIを発行する。
7 Maintenance operations management 7.1 General activities in maintenance operations management 7.2 Maintenance operations management activitie model 7.3 Information exchanged in maintenance operations management 7.4 Maintenance definition management 7.5 Maintenance resource management 7.6 Detailed maintenance scheduling 7.7 Maintenance dispatching 7.8 Maintenance execution management 7.9 Maintenance data collection 7.10 Maintenance tracking 7.11aintenance performance analysis	- 7ページの解説 - 7.1節で、保全実施の考えとしては、機器故障への対応、定期点検、状態監視ベース保守、資源運用効率の最適化のいずれも支持する(support)としている
8 Quality operations management 8.1 General activities in quality operations management 8.2 Quality test operations management activitie model 8.3 Information exchanged in quality test operations management 8.4 Quality test definition management 8.5 Quality test resource management 8.6 Detailed quality test scheduling 8.7 Quality test dispatching 8.8 Quality test execution management 8.9 Quality test data collection 8.10 Quality test tracking 8.11 Quality test performance analysis 8.12upported activities	- 5ページの解説 - 8.1節で、品質業務の範囲としては、材料試験、機器の能力計測、品質保証、品質基準の設定、品質検査員資格基準の設定、品質管理の標準設定のいずれも含みうる(may include)としている。

章立て	各章の要点
9 Inventory operations management 9.1 General activities in inventory operations management 9.2 Inventory operations management activitie model 9.3 Information exchanged in inventory operations management 9.4 Inventory definition management 9.5 Inventory resource management 9.6 Detailed inventory scheduling 9.7 Inventory dispatching 9.8 Inventory execution management 9.9 Inventory data collection 9.10 Inventory tracking 9.11Inventory performance analysis	- 8 ページの解説 - 9.1 節で、在庫業務の範囲としては、在庫管理・追跡、在庫棚卸、拠点間の在庫融通、在庫融通能力の把握、出荷梱包スケジュールの把握等を含む(include)としている
10 Completeness, compliance and conformance	- 規格としての形式的位置づけの説明
Annex A (informative) Technical and responsibility boundaries	- Fig.2 に現れる各業務活動が、それぞれ 製品品質/適用法令順守/工場安全/工場信頼性/工場効率 のいずれに主として関与するのかを解説し、図でも例示
Annex B (informative) Scheduling hierarchy	- スケジューリングを実施するには、例えば次の 6 つの段階があることを例示している business plan→demand plan→production plan→production schedule→work schedule→job list またこれら用語は APICS terminology に依るともなっている
Annex C (informative) Frequently asked questions	- この規格は製造業だけでなく電力網等にも適用できるとしている
Annex D (informative) Advanced planning and scheduling concepts for manufacturing operations management	- BOM と MRP, PSLX, APS 等に関する関係が 4 ページにわたり解説されている。 - 日本の PSLX コンソーシアムが言及されている
Bibliography	- IEC 61512 (バッチ制御)、ISO 15704, ISA-88, ISA-95 が列記されている

表 6.1-6　ISO 22400-1 :2014 の章構成と要点

章立て	各章の要点
規格名称（和訳名称） **Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management - Part1 : Overview, concepts and terminology** **(製造操業マネジメントのキーパフォーマンス指標(KPI)－第 1 部：概要，概念及び専門用語)** ページ数 : 英文 19 ページ	
Foreward	- ISO TC184/SC5 が IEC とも協力して制定した
Introduction	- 企業の価値創造プロセス(value creation process of an enterprise)を改善することを見込んで MOM の KPI 群を制定する
1 Scope	- IEC 62264-1 が規定する MOM の KPI を、業種中立な枠組み(industry-neutral framework)として規定する
2 Terms and definition	- Capability, integration, interoperability 等が定義されている
3 Abbreviated terms	- UML,URL,XML 等が現れている
4 Concept of KPIs 4.1 General 4.2 Criteria for KPIs 4.3 Characterization of KPIs 4.4 Types of KPIs by unit of measure 4.5 Categories of KPIs by purpose 4.6 Generating KPIs from measurements 4.7 Identification and selection of KPIs 4.8 Structure of KPI 4.9 Presentation of KPI	- KPI と称するための基準が 20 項目宣言されている(4.2)
5 Definitions and descriptions 5.1 General model 5.2 Table structure 5.3 Elements 5.4 Time models 5.5 Effect model diagrams	
6 Exchange and use 6.1 General 6.2 Abstract structure for exchange purposes	
7 Relationships and dependencies 7.1 General 7.2 Model of relationships and dependencies 7.3 Effectiveness of KPIs 7.4 Maturity model	
Annex A (informative) KPIs in the context of MOM	- MOM における KPI 設定がどのような意味をもつかが論じられている

章立て	各章の要点
Bibliography	- ISO 13053, 18435, 80000, IEC 62264 および ARC Collaborative manufacturing が列記されている

表 6.1-7　ISO 22400-2 :2014 の章構成と要点

章立て	各章の要点
規格名称（和訳名称） **Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management -- Part 2: Definitions and descriptions** **(製造操業マネジメントのキーパフォーマンス指標－第 2 部：定義及び説明)** ページ数 : 英文 60 ページ	
Foreward	- ISO TC184/SC5 が IEC とも協力して制定した
Introduction	- IEC62264-1 の Fig3 Functional hierarchy と Fig.4 Role-based equipment hierarchy が Fig.1,Fig.2 として転記されている - “MOM, sometimes referred to as manufacturing execution systems (MES)” との一文がある
1 Scope	- 実用されている選ばれた KPI(selected number of KPIs in current practice)を規定する
2 Terms and definition	- reference time, planned time, actual time, time model の 4 単語が定義されている
3 Symbols and abbreviated terms	- KPI の定義に必要な計約 60 個の略語が現れている
4 Structure of KPI description	- 6 章で掲げる KPI 記述表の例示
5 Elements used in KPI description 5.1 Time elements 5.2 Time model for work units 5.3 Time model for production order 5.4 Time model for personnel 5.5 Logistical elements 5.6 Quality elements 5.7 Quality elements	- 3 章で略語定義された各用語の解説
6 Description of KPIs	- 34 個の KPI がそれぞれ算出式付きで定義される（表 5.2-2 参照）
7 Conformance	
Annex A (informative) Effect models	- 19 ページにわたって 6 章に掲げられた KPI のうち 32 個について、各 KPI がどのような要因によって表出されているかの機能ブロック図が例示されている。
Annex B (informative) Alternative OEE calculation based on loss time model	- 6 章の Table7 Overall Equipment Effectiveness Index とは少し異なる計算式による Overall Equipment Efficiency の紹介を行っている。計 3 ページ。
Bibliography	- ISO 13053, 80000, IEC 60050,80000 および DIN の Definition of MES and Quality Management Requirements on MES が列記されている

表 6.1-8　ISO 8000-8 :2015 の章構成と要点

章立て	各章の要点
規格名称（和訳名称） **Data quality -- Part 8: Information and data quality: Concepts and measuring** **（データ品質－第 8 部：情報及びデータ品質：コンセプト及び測定）** ページ数 :英文 15 ページ	
Foreward	- ISO TC184/SC4 が制定した
Introduction	- 情報とデータの品質を定義する、それら品質の計測基準や計画手法、報告要件などをこの規格は提供する
1 Scope	- “This part of ISO 8000 describes fundamental concepts of information and data quality, and how these concepts apply to quality management processes and quality management systes. It also specifies prerequisites for measuring information and data quality when executed within quality management processes and quality management systems”
2 Normative references	- ISO 8000-2 が呼ばれている
3 Terms and definition	- data, information, metadata, verification, validation 等が定義されている
4 Fundamental concepts	- 情報とデータの品質には、文法的(syntactic)、意味的(semantic)、実践的(pragmatic)の 3 種類ある
5 Information and data quality 5.1 Syntactic quality 5.2 Semantic quality 5.3 Pragmatic quality	- 文法的、意味的、実践的それぞれの品質事例が例示されている
6 Conformance	
Annex A (normative) Document identification	
Annex B (informative) Syntactic quality rules	文法的品質を検証する基準の例が示されている
Annex C (informative) Pragmatic quality	意味的品質を検証する基準の例が示されている
Annex D (informative) Activity model for measuring information and data quality	統合定義による機能モデル(IDEF0)が例示されている
Bibliography	ISO 9000, 10303 を含む計 18 件の規格、文献が列記されている

表 6.1-9　ISO 8000-66 :2021 の章構成と要点

章立て	各章の要点
規格名称（和訳名称） **Data quality Part66 : Data quality management : Assessment indicators for data processing in manufacturing operations** **（データ品質－第 66 部：データ品質管理：製造業務におけるデータ処理の評価指標）** ページ数 : 英文 23 ページ	
Foreward	- ISO TC184/SC4 が制定した
Introduction	- ISO 8000-62 を補助して、MOM におけるデータ品質マネジメントのプロセス成熟度を測れるようにする - ISO 9000 の品質(quality)の定義を引用している
1 Scope	“This document specifies assessment indicators to support the assessment of organizational process maturity for data quality management in the context of manufacturing operations management as specified by IEC 62264-1”
2 Normative references	- IEC 62264-1、ISO 8000-2,61,62 を呼んでいる
3 Terms and definition	https://www.iso.org/obp と https://www.electropedia.org が呼ばれている
4 Process maturity assessment	
5 Manufacturing operations management 5.1 Scope of manufacturing operations management 5.2 Production scheduling 5.3 Production control - Process support engineering 5.4 Production control - Production operation control 5.5 Production control - Production operation planning 5.6 Material and energy control 5.7 Product inventory control 5.8 Quality assurance 5.9 Maintenance management	- Fig.1 Key concepts covered by this document and related standards が IEC 62264-1 による枠組み (MOM)と ISO 8000-61 の枠組み (process reference model) とが協調することにより、data quality management とその成熟度評価が行えるとしている - IDEF0 に基づく MOM 業務フロー図が示されている (Fig.3, Fig.4)
6 Assessing process capability	
7 Work products	
Annex A (informative) Document identification	
Annex B (informative) Process description structure comparison	
Annex C (informative) Work product list	- 32 項目の Work product について、この規格と IEC 62264-1 との対照表が現れている
Bibliography	- ISO 9000 を含む計 14 件の ISO 規格、IEC 規格が列記されている

6.2 MES 関連規格の考察

国内で MES を紹介する書籍、文献には「MES の 11(12)機能」といった記載がよく見られる。これに関し、ENAA 国際標準部会委員の見解は次のようなことであった。

- ISA95 開発の主な狙いは、実はパート 2,4 に現れている IT アプリケーション間のデータ要件を規定すること、Syntax ではなく Semantic な相互運用性を確保することである
- パート 1,3 に現れている MES の構造や機能は、パート 2,4 規定を行えるようにするための解説、参考でありあえて MES の構造や機能の明確な規定を避けている

確かに、MES/MOM が備えるべき機能は表 6.2-1 に示すとおり、実に 6 通りの切り口で様々に表現されている。( ) 内は筆者の見解である。

表 6.2-1 規格に現れる様々な MES 機能・分類

IEC 62264-1 5.2.4 Level 3 activities (企業の製造部門の業務)	IEC 62264-1 6.4 Functions (いわゆる「MES の 12 機能」)
5.2.4.2 Resource Allocation and Control 5.2.4.3 Dispatching Production 5.2.4.4 Data Collection and Acquisition 5.2.4.5 Quality Operations Management 5.2.4.6 Process Management 5.2.4.7 Production Tracking 5.2.4.8 Performance Analysis 5.2.4.9 Operations and Detailed Scheduling 5.2.4.10 Document Control 5.2.4.11 Labor Management 5.2.4.12 Maintenance Operations Managemtn 5.2.4.13 Movement, Storage and Backing of Materials	6.4.1 Order Processing 6.4.2 Production Scheduling 6.4.3 Production Control 6.4.4 Material and Energy Control 6.4.5 Procurement 6.4.6 Quality Assurance 6.4.7 Product Inventory Control 6.4.8 Product Cost Accounting 6.4.9 Product Shipping Administration 6.4.10 Maintenance Management 6.4.11 Marketing and Sales 6.4.12 Resarch, Development and Engineering
IEC 62264-1 7.2 Manufacturing operations management categories (企業の機能別職制に対応)	IEC 62264-3 5.1.3 Generic activity model (情報処理上の分類)
- Production operations management - Maintenance operations management - Quality operations management - Inventory operations management	1. Resource Management 2. Dispatching 3. Data Collection 4. Detailed Scheduling 5. Tracking 6. Performance Analysis 7. Definition Management 8. Execution Management
ISO 22400-2 5. Elements used in KPI discriptions (工場経営に必要なデータの分類)	ISO 8000-66 5. Manufacturing operations management (工場経営上の評価指標)
5.1 Time elements 5.2 Time model for work units 5.3 Time model for production order 5.4 Time model for personnel	5.2 Production scheduling 5.3 Production control - Process support engineering

5.5 Logistical elements 5.6 Quality elements 5.7 Quality elements	5.4 Production control - Production operation control 5.5 Production control - Production operation planning 5.6 Material and energy control 5.7 Product inventory control 5.8 Quality assurance 5.9 Maintenance management

図 6.2-1 は、7.2 節に例示した実際の MES/MOM 機能（8 種類）が、IEC 62264-1 5.2.4 に規定されている 12 個の Level3 activities とどのように対照しているのかを参考までに例示したものである。

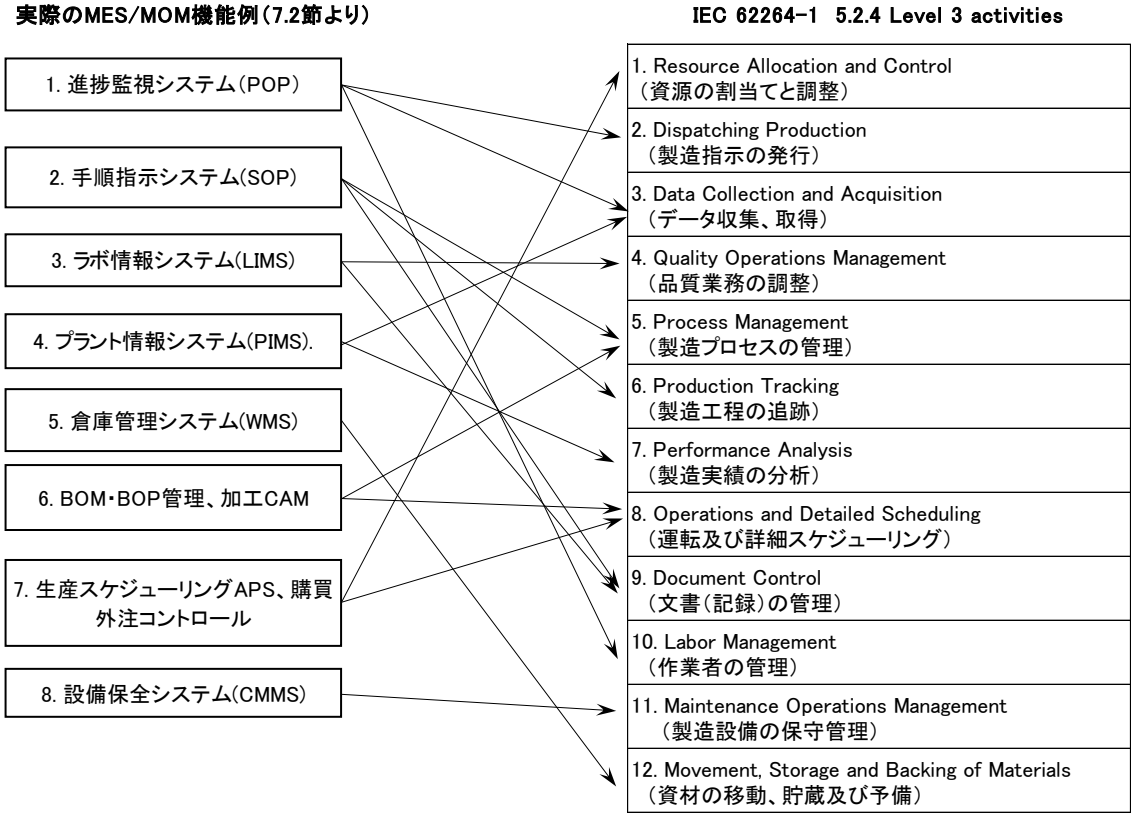


図 6.2-1 MES/MOM の規格上の機能と実際の機能との対照例

MES/MOM の IT システムとしての仕様等を規定する規格は IEC 発行であるが、MES/MOM を導入した企業・工場がその導入効果をどう測定できるか（工場操業の KPI をどう設定するか）についての規格は ISO が発行している。 表 6.2.2 は ISO 22400-2 に現れている 34 種類の MES/MOM 運用 KPI 群である。

表 6.2-2 ISO 22400-2 6 章に現れる MES/MOM 運用 KPI

Table2. Worker Efficiency	Table20. Machine Capability Index
Table3. Allocation Ratio	Table21. Critical Machine Capability Index
Table4. Throughput Rate	Table22. Process Capability Index
Table5. Allocation Efficiency	Table23. Critical Process Capability Index
Table6. Utilization Efficiency	Table24. Comprehensive Energy Consumption
Table7. Overall Equipment Effectiveness Index	Table25. Inventory Turns
Table8. Net Equipment Effectiveness Index	Table26. Finished Goods Ratio
Table9. Availability	Table27. Integrated Goods Ratio
Table10. Effectiveness	Table28. Production Loss Ratio
Table11. Quality Ratio	Table29. Storage and Transportation Loss Ratio
Table12. Setup Ratio	Table30. Other Loss Ratio
Table13. Technical Efficiency	Table31. Equipment Load Ratio
Table14. Production Process Ratio	Table32. Mean Operating Time between Failures
Table15. Actual to Plannes Scrap Ratio	Table33. Mean Time to Failure
Table16. First Pass Yield	Table34. Mean Time to Repair
Table17. Scrap Ratio	Table35. Corrective Maintenance Ratio
Table18. Rework Ratio	
Table19. Fall Off Ratio	

図 6.2-2 は、パート 1 中の Fig.7 と本文中記載との突合せを行ったものである。機能モデルが入力/出力が明確な IDEF0 等ではなく、”Generic Model”であるため、図と本文とを読み合わせないと書かれていることの全体像を把握しづらいという面がある[25)]。

これも、「パート 1,3 に現れている MES の構造や機能は、パート 2,4 規定を行えるようにするための解説、参考でありあえて MES の構造や機能の明確な規定を避けている」ということを念頭に置けば納得できるところではある。

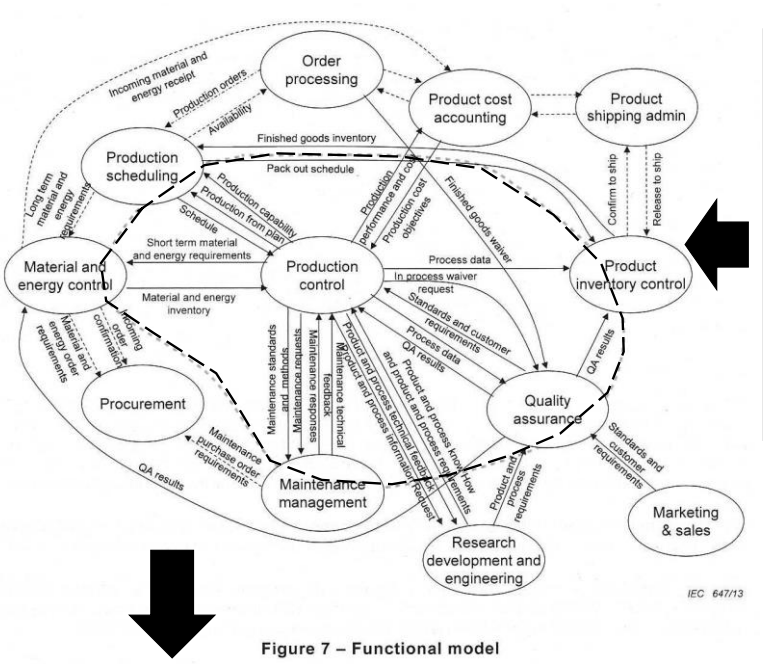


Figure 7 – Functional model

6.4 Functions にある各機能が図示されている
（が、本文中の節番号が振られていない）

6.4.1 Order Processing
6.4.2 Production Scheduling
6.4.3 Production Control
6.4.4 Material and Energy Control
6.4.5 Procurement
6.4.6 Quality Assurance
6.4.7 Product Inventory Control
6.4.8 Product Cost Accounting
6.4.9 Product Shipping Administration
6.4.10 Maintenance Management
6.4.11 Marketing and Sales
6.4.12 Resarch, Development and Engineering

図中の －－－ の意味するところが、6.3 Functional Model にある説明文を読まないと理解できない。（また －－－ が薄く判読困難）
－－－ の外側は Level4 (Business Planning and Logistics)
－－－ の内側は Level3 (Manufacturing Operations Management)
－－－ が貫いている機能は、その下にLevel4やLevel (Manufacturing Operations and Control : MO&C)の副機能を含む場合もある。

図 6.2-2　機能モデル図の気付き

IEC 62264 の中では、MES/MOM とスケジューラーとの関係について次のように多くの記載もある。

IEC 62264-1
6.4.2 Production Scheduling

IEC 62264-3
5.2.3 Scheduling interactions
5.3 Hierarchy of planning and scheduling
5.4 Resource definition for scheduling activities
6.6 Detailed production scheduling
Annex B (informative) Scheduling hierarchy
Annex D (informative) Advanced planning and scheduling concepts for manufacturing operations management

IEC 62264-3 Annex D の中には　“concept and framework of APS proposed by PSLX consortium”と、日本の（一財）製造科学技術センターが主宰する PSLX フォーラムにも言及されている。

7 章　MES/MOM の普及・利活用に向けた戦略

7.1 調査結果から見た、我が国製造業の現実と課題

本章ではこれまでの調査結果を受けて、MES/MOM システムの普及と利活用の方策を検討する。

MES/MOM とは、製造オペレーションマネジメント業務を正確化・効率化するツールである。同時に、生産に関わる他の業務（受注、設計、保守サービス等）との I/F を提供する。また製造データを生成収集することで、深掘り分析・問題解決・改善・成長の基礎を提供する役割を持つ。

なお本報告書の冒頭でも述べた通り、わが国の実情を鑑みて、この調査報告では、MES と MOM を厳密に区別せず、ほぼ同義に使っている。そこで本章では誤解を避けるため、可能な限り、MES/MOM と併記することにする。

なお、MES/MOM と表記した場合、それは IT システム（群）を指す。業務自体を指す場合は、MOM と略さないで、製造オペレーションマネジメント、ないし略して製造マネジメントと記述する。MES/MOM システムの具体的なカバー範囲については、後述する。

さて、第 3 章～第 5 章で述べた調査結果をまとめると、以下の通りとなる。

(1) 一部の企業では MES/MOM を導入し、利活用を図っている。その比率は当調査の対象範囲では 4 割近く、すでに市場は黎明期を過ぎて成長期に入りつつあると考えられる。
(2) 他方、MES/MOM に関心は多少あるものの、その推進組織がなく、導入構想さえ立てられずにいる企業も多い。
(3) 後者の企業では、製造マネジメント業務を人間系で対応しており、工場スタッフは品質トレーサビリティや納期変更といった、日々の問題対応に追われている。
(4) 経営層からは、技能伝承・人手不足・環境対応など、いわば守りの経営課題が下りてきている。だが製造のスケーラビリティや IT 化による企業価値向上など、攻めの経営課題が工場に関連して語られる事は少ない。
(5) MES/MOM 導入の障害は、全社的な認知・理解不足、投資対効果の説明の難しさ、そして推進組織の不在などである。

上記(1)と(2)は、言ってみれば製造分野におけるデジタル・ディバイド（二極分化）が進みつつある事情を示している。また(3)(4)をあわせると、MES/MOM に代表される製造のデジタル化に遅れた企業は、社会環境変化への追随や、生産全体の改革といった、中長期的な経営課題への取組みが難しくなることが読み取れる。

逆に言うと、中堅・中小であっても、自社の製造マネジメントの必要性にマッチした形で、MES/MOM によるデジタル化をうまく導入推進できれば、大手企業と対等に競争し成長できる可能性を秘めている。

なおデジタル・ディバイド現象は、業界単位で括ることは必ずしもできないと思われる。たとえば自動車組立ラインは以前から MES/MOM 導入が進んでいたが、自動車部品業界は必ずしもそうではない。企業規模および生産方式（自動化の要求度合い）などに応じて、導入状況はまちまちである。

とはいえ、技能伝承・人手不足といった社会環境変化は、業種・規模を問わず等しくふりかかっている問題である。いわば、人口減少社会で事業継続性（サステイナビリティ）自体が、潜在的危険にさらされている訳である。かりに大手メーカーだけがデジタル化で問題を乗りこえられても、業界内で中小部品サプライヤーが淘汰されてしまえば、業界全体が立ちゆかなくなることは明らかだ。

残念ながら、こうした企業存続のためのボトルネックが、現場のデジタル化の遅れにあることを経営側が認知していないように思われる。それは上記(4)の結果にも現れているが、(5)の製造部門に推進する組織も人材も足りず、知識を得る方法もないとの声があることが、それを示している。だから次章で述べるように人材教育が重要となるのである。

もっとも、今回の調査・インタビューの対象層は、製造に関わる実務層が中心であるため、経営側の認知度については、現時点では推測にとどまる。

7.2　MES/MOM が提供する価値とは

繰り返しになるが、MES/MOM システムとは、製造オペレーションマネジメント業務を正確化・効率化するツールである。それでは、製造オペレーションマネジメントとはどのような業務で、それが効率化されると、どのような価値が生まれるのだろうか。

図 7.2.1 は、工場を構成する典型的な業務要素を図示したものである。

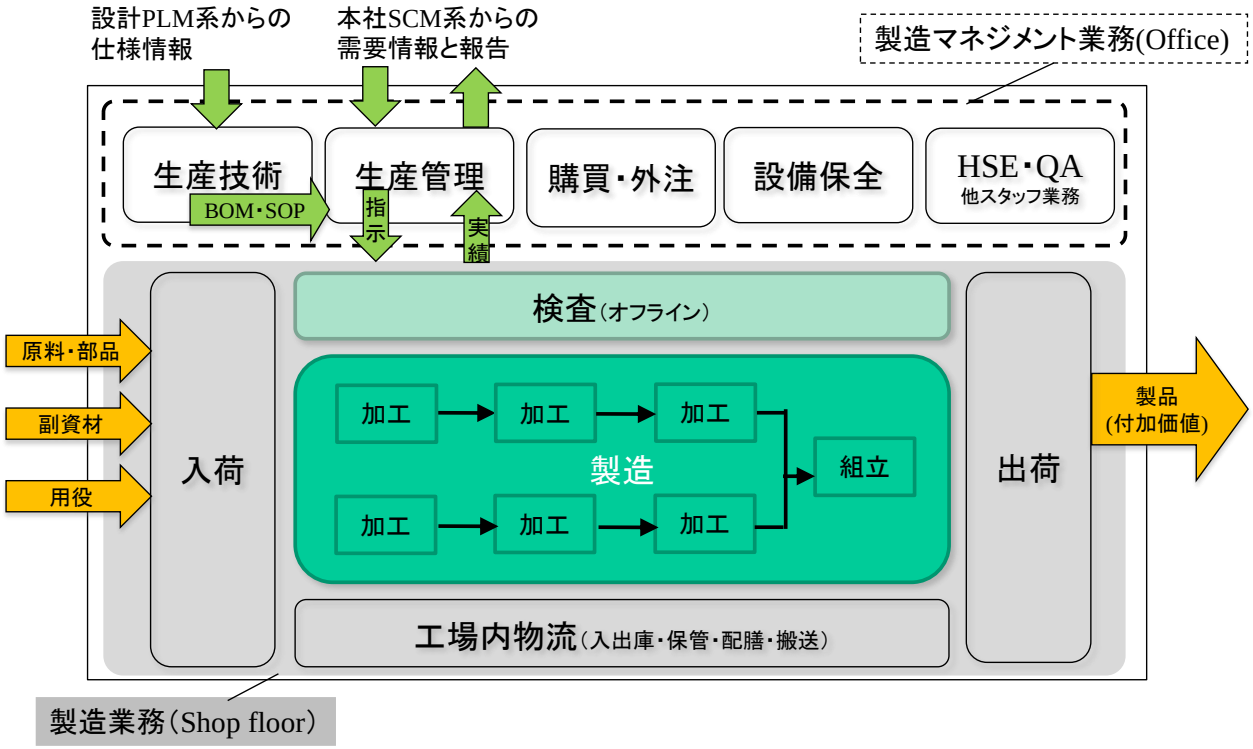


図 7.2.1 工場を構成する業務要素　（佐藤 2021 より）[22)]

図の中ほどより下側、グレーのハッチングがかかっている部分は、直接製造業務を担う、製造現場(Shop floor)を表している。中心には、製造業務がある（この図では、加工組立型をイメージした絵になっているが、他の生産方式でも同様である）。製造と並行して、検査業務がある。検査にオフラインと書いてあるのは、工程内で製造と同時に検査する場合もあるからだ。

さらに製造を支える業務として、工場内物流がある。部品材料の入出庫・保管・配膳・搬送等を受け持つ。そしてそれらを挟む形で、入荷業務と、出荷業務がある。

図の上側に並んでいるのが、『製造オペレーションマネジメント業務』である。ここには、生産技術、生産管理、購買・外注、設備保全、そして HSE・QA 業務をあげている。これらの業務は、工場内のオフィススペースで、主にホワイトカラーのスタッフが担っている。

製造マネジメント業務は、製造現場と工場の外部（本社・営業等）とをつなぐ、インタフェースの役割も持っている。

例えば生産管理業務は、本社が担う複数拠点をまたぐサプライチェーン計画から、各工場への製品単位の生産依頼（オーダー）を受け取る。それを工程展開して、製造現場の各工程に対する製造指図を出す。同時に（図では煩雑になるため略したが）部品展開して、資材部品の手配依頼を購買・外注部門に流す。

そして製造現場から上がってきた製造実績・出荷実績・資材入庫実績等を集約して、本社のサプライチェーン計画に報告する。
また生産技術業務では、製品設計部門から図面・仕様情報を受け取り、それを部品表（BOM）や工程表（BOP)、標準作業手順書（SOP）などに展開して、生産管理や製造業務に渡すのが仕事である。設備表（BOR）をまとめて、設備保全業務のベースを作るのも大切な役割だ。これらもまたインタフェース業務である。

製造業においては、個別の注文（オーダー）の品質・コスト・納期＝QCD を、結果として満たすことが、製造業ビジネスの必要最低の条件になっている。製造マネジメントの最も大事な仕事は、この QCD を達成するよう、現場を采配し支援することである。そして現在まで生き残っている企業ならば、すべてここは守っているはずだ。
ただし、QCD を結果として満たすだけでは、充分ではない。今日の製造業では、需要変動への俊敏な対応が求められる。そのためには、途中途中の段階で、現在製造中のオーダーの製造進捗がどこまで進んでおり、納期はいつになるか、把握できることが望まれる。さらに、品質問題が発生した際に、問題となる製造ロットを追跡する品質トレーサビリティや、顧客からの使用追加変更に対する、コストインパクトを即座に回答する、などの能力が求められる。言い換えるならば、QCD のリアルタイムで正確な把握能力が重要となるのである。
加えて、企業は常に競争にさらされているため、製造プロセスを改善し成長していかなければならない。改善のために QCD を深堀り分析し、問題に対処し解決していくことが、製造マネジメントの次のレベルの仕事である。
その中には例えば、品質データと製造データを結びつけて、品質向上の手がかりを供することがあげられる。多くの製造現場では、製造記録と、オフラインの検査記録とが別々の履歴データとなっており、どの品目がどの製造条件でどのような品質になったのかを、さかのぼってたどることが簡単にできない状態にある。
また製造手順（レシピ/SOP）を維持改善すること、製造に用いられる資材部品を識別・トラッキングすること、なども、含まれる。
さらに企業は、変化・変動に対処する必要がある。具体的には、たとえば需要（納期・仕様）の変化に俊敏に対応する、品質問題発生に対応する、パンデミックによる供給途絶に対応する、などがある。これらは短期的な変化への対応だが、さらに中長期的な変化、たとえば働く人財の人数・スキル不足に対応する、サプライヤーの変化や撤退に対応する、など中長期的な変化への適応も含まれる。
現場レベルで見ると、人手不足問題はすなわち、機械化・自動化の推進によって、いわゆる 3K の仕事を軽減していくことにつながる。またスキル不足問題については、現場の暗黙知や属人的技能に依存するのではなく、作業指示・製造条件・操作手順（SOP/レシピ）などを明確化していくことが望ましい。それによって製造の形式知化と継承を進めるのである。こうした事を実現するためには、製造マネジメント業務も並行してデジタル化される必要がある。
さらに経営レベルの課題に目を転じると、製造におけるサステイナビリティ・ポータビリティ・スケーラビリティの確保が求められる。
サステイナビリティとはいうまでもなく、製造の継続性であり、生産人口が長期的に減少していく社会環境下で、いかに生産性を向上し製造能力を保持するかが問われる。またこの中には、サプライチェーン途絶リスクへの対応（具体的には適正なストック在庫の保有)、そして情報面でのセキュリティの確立なども含まれる。
次のポータビリティとは、現在保有する工場の製造プロセスを、国内や海外の新工場に移転し、スムーズに立上げる能力を示す。現状は、製造現場の暗黙知に頼る部分が大きいため、新工場を作っても、立ち上げまでに 1 年も 2 年もかかって、現地に送り込んだ製造マネジメントのスタッフが、なかなか戻ってこられない例をよく耳にする。

そしてスケーラビリティとは、人員を大きく増やさずに生産能力を拡大することである。そのためには、製造ラインの自動化・機械化が徹底され、製造プロセスのデジタル化によって熟練工の技能がコピー可能になっていかなければ、実現できない。

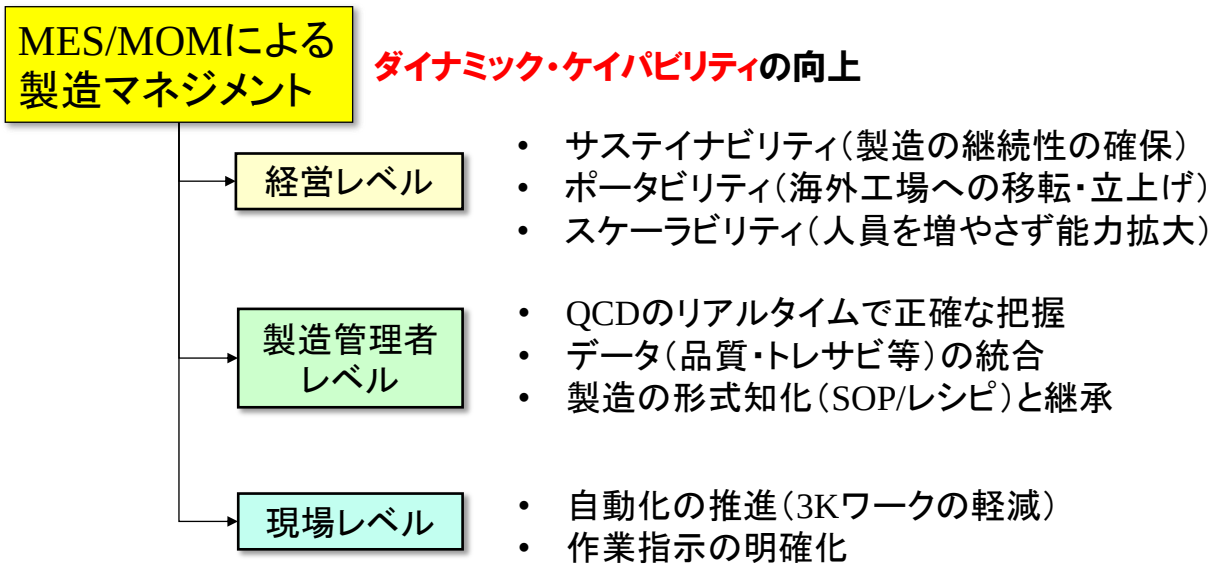


図 7.2.2　MES/MOM の提供価値　（佐藤 2021 より）[22)]を一部改変

以上をまとめると、MES/MOM の提供する価値は、製造マネジメントのデジタル化を通じて、経営レベル・製造管理者レベル・現場レベルの 3 つの層において、それぞれ異なる要素を持つことが分かる。しかし全体をまとめると、MES/MOM は製造業の短期的、ならびに中長期的な変化への適応能力、すなわち製造業の「企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）」[19)]を向上することにある要だと結論できよう。

7.3　MES/MOM の適用範囲と他システムとの関係

ここで改めて、MES/MOM の適用範囲と、提供する具体的な価値を整理しておこう。図 7.3.1 は、製造マネジメントの業務機能をカバーするシステム群を、先の図 7.2.1 の上にマッピングしたものである。

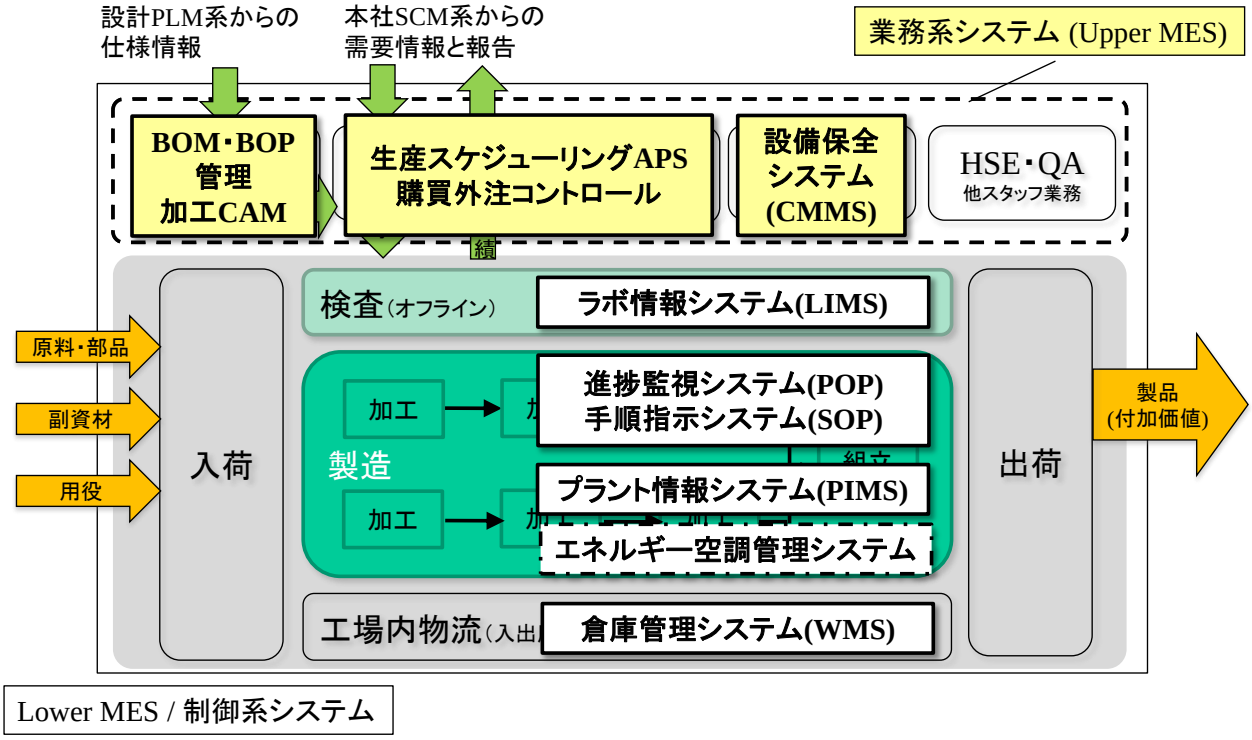


図 7.3.1　製造マネジメントの業務機能をカバーするシステム群（MES/MOM）（佐藤 2021 より）[22)]

製造現場と製造マネジメントに対する IT の適用は、遠く 90 年代の初期から、CIM(Computer Integrated Manufacturing)などの名前で、さまざまに試みられたきた。現在の MES/MOM は、それらの機能を継承発展させて、独立機能のプロダクトとして販売したり、あるいは総合的なパッケージに取り込んだりしている。このため、機能モジュール群ごとに通称・略称があって、いささか理解しにくい。そこで以下、図 7.3.1 に即して説明する。

(1)　進捗監視システム（POP）

POP (Point of Production)と呼ばれる進捗監視システムは、比較的古くから存在していた仕組みの一例である。流通業にはいわゆる POS レジと呼ばれる仕組みがある。それは、商品をバーコードで読み取って、種類や点数を確認するとともに、売り上げの明細をコンピュータに送信記録する仕組みである。POS とは Point of Sales（販売時点）の略であり、POP はそれを製造現場に応用したものであった。

POP システムでは、現場の作業者が、作業に着手するたびにバーコードを読み取り、完了した段階で、再びバーコードを読み取って、着手と完了の時刻を記録する仕組みである。バーコードは多くの場合、加工対象物のワークに添付された現品票に印字されている。しかし場合によっては、部品それ自体に刻印されている場合もある（Direct parts marking と呼ぶ）。

デプスインタビューの建築内装材 N 社はその一例で、QR コードをハンディターミナルで読み取り、最初の工程の着手開始と最後の工程の完了を取っている。ただし通常は、各工程で着完を取る。

POP システムそれ自体は、製造作業を直接効率化するわけではないが、品目の取り違えミスなどを防止できる。また、作業時間の正確な記録と、各製造指図の着手完了の把握は、進捗のリアルタイム確認と、実際原価の把握を助けることによって、製造マネジメントを支援する。

(2) 手順指示システム(SOP)

作業手順を現場の端末画面に表示して、作業者が確認しながら動作を行うシステムである。しばしば(1)と組み合わせて機能する。同時に、接続されている機械からデータを読み取って、記録するタイプの仕組みもある。様々な呼び名があるが、ここでは手順指示システム(SOP)と総称する。SOP は標準作業手順書（Standard operation procedures）の略である。

たとえば医薬品・食品工場などで、原材料を秤量計測する場面に比較的よく用いられており、先進事例の食品 G 社はその例である。また組立工程で、組み付けの手順を 3D で表示しガイダンスするような使い方もある。デプスインタビューの総合電機 W 社の O 工場では、複雑な製品の組立工程を効率化・正確化するために利用されており、また製造作業者から設計者への質問・フィードバックにも活用されている。

手順指示システムは SOP を形式知化し維持管理できるようにすることで、製造マネジメントを支援する。ベンダー調査の結果を見ても、ほぼすべての MES パッケージがこの機能を標準で搭載している。

(3) ラボ情報システム(LIMS)

オフラインでの検査設備(ラボ)で、サンプルの品質検査データを記録保持し、あるいは品質保証に関連する証明書等を印字するシステムである。多くの場合は検査機器とのインタフェースを持ち、直接データのやりとりをする。

製造業における品質検査は、一般に工程内検査と、オフライン検査に分かれる。機械部品等は、数や形状、外観などが検査場重要であるため、工程内で作業者自身が検査を行うことも多い。不良品を次の工程に渡さないようにするため、これを自工程完結と呼ぶ。

しかし化学や医薬品など、粉体や流体で、分析しないと品質特性がわからない製品では、オフラインでの検査が必要になる。LIMS はこのような分野で、比較的古くから利用されてきた。デプスインタビューのケミカル T 社・U 社がその事例である。

(4) プラント情報システム(PIMS)

主にプロセス系のプラントで利用されるシステムで、装置や配管に接続された各種計器からとった、温度・圧力・流量などのおびただしい時系列データを、圧縮蓄積し、表示・分析処理するシステムである。Historian とも呼ばれる。

プラント分野では PI System が有名で、石油ガス分野ではデファクト標準の地位にある。デプスインタビューのケミカル U 社、先進事例のケミカル J 社・K 社などで使用されている。

(5) 倉庫管理システム(WMS)

工場内倉庫の入出庫や払い出し（ピッキング）、棚卸し作業などを支援し、在庫レベルや所在管理、物品の識別、保管期限の警告、補充依頼などの機能を持つ。WMS は Warehouse management system の略で、いわゆる在庫管理業務に必須の機能である。なお、これに合わせて、立体自動倉庫のクレーンの入出庫指示や、AGV・トラバーサ・コンベアなどの搬送制御システムへの指示も行う。後者は Warehouse control system と呼んで区別する場合もある。

デプスインタビューの物流装置 Q 社は、システム子会社を通じて WMS も販売しているが、自社の製造現場ではこれから稼働・活用する予定としている。

以上、(1)～(5)は主に製造現場での作業を効率化・正確化するために用いられるシステム群で、多くの場合は機械や制御システムと直接、接続される。このため、リアルタイム性・信頼性・頑健性（現場環境で用いるため）などが重視される。これらを総称して、『Lower MES』と呼ぶことがある。先進事例の工作機械 X 社のいう「工場コントローラ」と「進捗・稼働監視システム」も、Lower MES のカテゴリーに分類できると思われる。これら現場系設備・センサ等との通信接続には、ローカル 5G などの普及もかなり重要である。なお、図中にはエネルギー空調管理システムも示したが、これらは ISA-95 でいう Level-2 に属するため、点線で囲んだ。

(6) BOM・BOP 管理、加工 CAM

生産技術業務の中で、設計 PLM（Product lifecycle management）システム系からの仕様情報を受け、製造部品表（M-BOM: Manufacturing bill of materials）を展開作成したり、工程表（BOP: Bill of processes）を作成する作業を支援するシステムである。M-BOM や BOP は生産スケジューリング APS や購買外注コントロールに利用される。また加工 CAM（Computer-aided manufacturing）は、製品の 3D-CAD 形状データを読み込んで、NC 工作機械などの加工プログラム作成を支援する仕組みであり、これも生産技術業務の一部であるため、あわせて記載した。

ベンダー調査の結果を見ると、外資系ベンダー3 社はいずれも、設計データ（PLM 系）との I/F で標準で搭載している。PLM 系との親和性を重視する点は、欧米の MES/MOM の特徴の一つかもしれない。ちなみにデプスインタビューの舶用電子機器 R 社は、2 種類の ERP と APS を組み合わせているが、3 つのシステムにまたがる BOM の整合性維持を、どのようにとっているかを尋ねたところ、現時点では手作業との回答であった。

(7) 生産スケジューリング APS、購買外注コントロール

本社からの生産オーダーや需要情報を受け取り、工場における製品や部品在庫レベルと突き合わせつつ、詳細な生産スケジューリングを立案するシステムである。製造現場の各工程への製造指図（差立て）、ピッキングやキッティング・配膳などの物流指示、そして部品購買や外注の手配依頼を行う。購買及び外注においては、入荷検品による実績計上も機能の一部となる。

PC 上で稼働する生産スケジューラーAPS（Advanced planning & scheduling）システムは、Asprova や Flexsche など、わが国にも優れたプロダクトが多い。1 つには、顧客要求による納期変更や数量変更が多発するという、我が国製造業における特殊事象も背景にあるのだろう。デプスインタビューのケミカル T 社は、Asprova を使用していると答えている。

MES/MOM から見た上位系である ERP や生産管理システムにも、通常は生産計画の機能がある。しかしその多くは、米国生まれの MRP（Material requirement planning）の概念をベースにしており、納期変更が多く欠品の生じがちな日本の製造現場では、使いにくい面がある。このためデプスインタビューの舶用電子機器 R 社のように、複数の ERP と APS をあえて組み合わせている企業もある。

(8) 設備保全システム(CMMS)

CMMS は Computerized maintenance management system の略称で、最近は APM（Asset performance management）といった呼び方もなされる。製造設備の保全計画を立て、検査や修理といった作業の指図を出し、補修履歴を記録するといった機能を持つ。場合によっては、機械設備や制御システムとインタフェースをとって、稼働時間や、アラーム信号などを記録するものもある。

先進事例のケミカル J 社は Maximo とよばれるパッケージを設備保全に利用している。爆発性の危険物を扱う石油化学では、プラントの保全及び定期点検が極めて重要である。このため、この分野では比較的以前から広く利用されてきた。

以上、(6)～(8)は主に製造マネジメント業務に携わる工場スタッフの仕事を、より効率化・正確化・俊敏化するとともに、製造に関するより詳細なデータを蓄積・統合して、問題解決や改善に供する役割を持つ。また部品表や工程表など、種々のマスターデータを維持し、工場外とのインタフェースとしての機能も果たす。このため、信頼性に加えて、柔軟性・外部接続性と、分かりやすいUI（ユーザー・インタフェース）などが重視される。これらを総称して、『Upper MES』とも呼ぶ。

以上のように、MES/MOM は、その内部に詳細な製造関連データを保持しつつ、現場の機械・制御システム群、ならびに外部の業務系とのインタフェースを持つ。すなわち、製造業における一種の情報のハブとして機能する。その関係を模式図化したものが、図 7.3.2 である。
図の中心となる縦軸は、営業（受注・出荷）と製造現場（製造・品管）をつなぐ、サプライチェーンの流れである。図の左側は、本社の技術部門や生産技術部門とをつなぐエンジニアリングチェーンがあり、右側には人事プロセスおよびサービス部門とのフィールドプロセスを置いている。これらのつながりは、一方向的ではなく、双方向的となることが望ましい。

現実にここまですべてを統合している事例は、少ないと思われる（今回調査範囲では見当たらなかった）。しかし、MES/MOM のハブとしての役割の重要性を示すために、あえて示した。

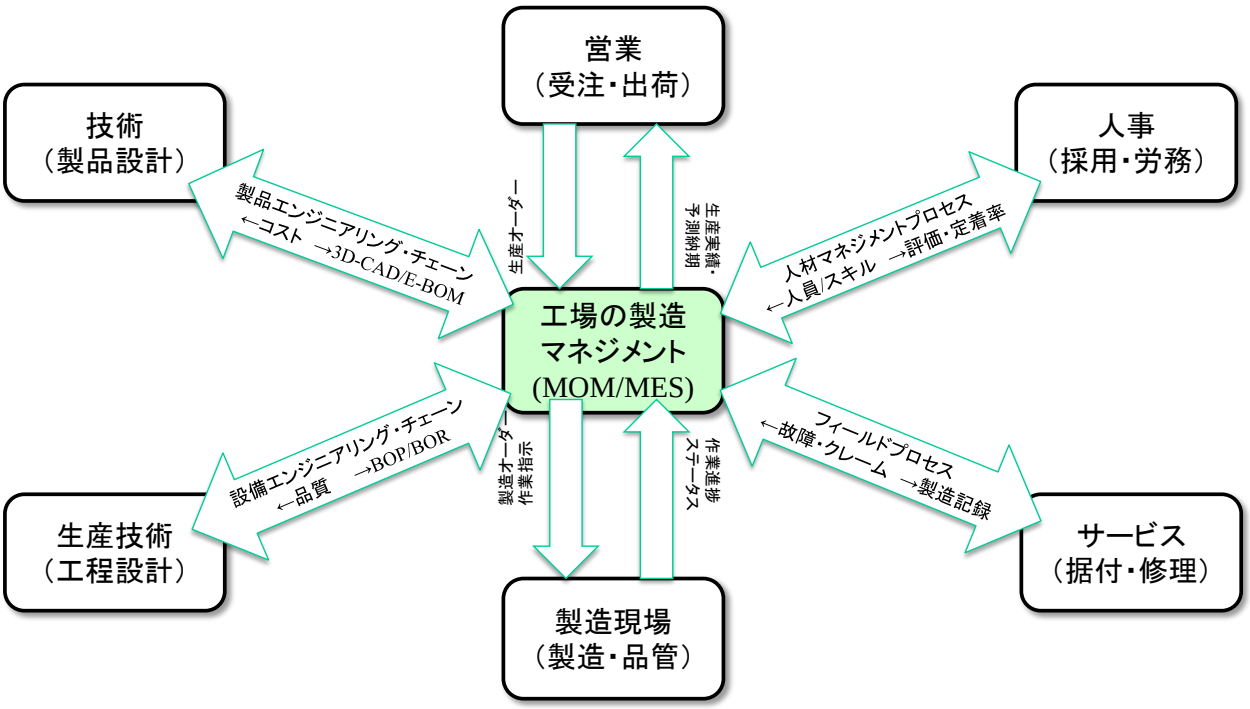


図 7.3.2　MES/MOM は製造業デジタル化のハブとなる [22)]

7.4 導入戦略と障害の克服策

7.4.1 MES/MOM の導入プロセス

企業が MES/MOM を活用して製造マネジメント及び製造現場業務のデジタル化を推進するためには、主体となるユーザーがその導入プロセスを理解し、組織的に取り組む必要がある。ベンダーインタビュー、デプスインタビュー、そして先進事例調査などから、適切な導入プロセスは、概ね以下のようなステップからなると考えられる。

(1) 構想段階

企業の生産全体のあるべき仕組みを構想する段階。本社（上位層）、工場スタッフ（製造マネジメント層）、製造現場と、それぞれの業務分担と課題を明確にした上で、MES/MOM の果たすべき機能と役割を明確化する。そのためには、まず各層が MES/MOM の機能と価値を認識するところから始めなければならない。この段階では当然ながら、経営者の理解と改革へのコミットメントが必要である。

(2) 計画段階

導入体制を作り、具体的なソリューションを選定して、投資判断を行う段階。導入プロジェクト組織を構築する必要があるが、アンケート調査では、MES/MOM 導入担当部署が不明という回答も多い。したがって、社内各部門から人をアサインするケースも少なくないと思われる。たとえばデプスインタビューのケミカル U 社では、MES 担当者を、各部署に駐在したまま組織異動したと答えている。

つぎに、自分たちの課題解決に役立つ IT ソリューションを選定する。ここでは、スクラッチからの自社開発と、パッケージ導入の 2 パターンが考えられる。どちらにも長所と短所があろう。スクラッチ開発は、自らの業務要求にぴったりマッチしたシステムを設計し作ることができるが、開発及び運用保守の負担が大きい。パッケージ導入の場合、コストは相対的に抑えられるが、業務上の細かなニーズについては、色々と妥協する必要がある。先進事例調査では、ほぼ半々の比率になっていることが分かった。

いずれにしても、プロジェクト組織は要件定義ないしフィット&ギャップ分析を行って、概略の開発予算規模を見積もる。さらに投資決断を経て、予算を手当てする。

(3) 構築段階

システム導入・開発・テストを行う段階。先進事例の自動車部品 A 社は全てを自社内でスクラッチ開発したようであるが、このようなケースはおそらく稀である。通常は開発パートナーとして、SIer を選定し、設計導入業務を委託する。その場合、発注者側の役割としては、詳細な業務設計・移行準備とユーザー教育を行うことが求められる。

(4) 運用段階

運用体制を整え、実稼働を開始する段階。MES/MOM システムは現場業務との関わりが多い。また稼働の初期には、思わぬバグやトラブルが出ることも珍しくないため、ある程度、IT 面で運用サポートを担える組織が、工場内に必要とされる。しかし IT システムは本来、業務改革のためのツールである。そのため、むしろ業務側の変革を推し進めるための、実務レベルでのリーダーシップが重要となる。

(5) 拡張段階

既に導入したシステムの対象範囲や機能を拡大したり、他の工場に水平展開する段階。今回の調査結果を見た限り、MES/MOM をすべての製造工程にいきなり全面的に展開するケースは、ほとんどないと思われる。最初は何らかの限定的な工程ないしは製品群に対して適用し、次第にその範囲を広げたり、機能を拡充させていくのが現実的アプローチであろう。この段階では再び、経営者の意思とコミットメントが求められる。

7.4.2　導入・利活用の成功パターンと、障害の克服策

前節で述べた導入プロセスは、無論、理想型である。現実には導入において、様々な障害が存在すると考えられる。

ベンダーインタビューから明らかになったことの 1 つは、MES/MOM 単体での導入プロジェクトは、なかなか前に進まない、という事実であった。理由としては 3 点が考えられる。

まず、日本では MES/MOM 自体の認知や理解度が全般的に低いため、企業内で各部門の合意が取りづらいことである。第二に、いささか皮肉な言い方になるが、製造現場の要望を聞きすぎると、システムへの要求機能が、個別最適に偏っていってしまう危険性があること。

そして第三に、MES/MOM システムは工場内でのみ使われるシステムであるため、経営層の投資判断が通りにくいことである。この背後には、経営層と製造現場の間に一種の距離感があり、経営者が現場の問題に関心をもちにくい事情があると推察される。

MES/MOM 導入は、全社的ものづくり改革の一部として進められる形が、成功パターンである。またその方が、経営者の関心とコミットメントも得やすいと思われる。製造業 DX への動きに連動した、ERP の導入・刷新と同時に進めるケースも、1 つのタイミングである（デプスインタビュー舶用電子機器 R 社など)。

あるいは、新しい製造ラインの追加や、工場の増改築をきっかけに、自動化・デジタル化の一環として、MES/MOM の導入を行うのも、1 つの方策であろう。先進事例を見ても、半導体工場や医薬品工場では、そもそも MES/MOM があることを前提に、自動化・機械化のレベルが決められ、工場づくりが行われている。

これらのケースでは、MES/MOM が、より大きな絵姿の中に適切に位置づけられる。また、予算的にも、MES/MOM 単体で考えるよりも、目立ちにくくなると考えられる。

ちなみに今日の企業では、投資判断において ROI（Return on investment）の数値化を求めることが多い。アンケート調査では、MES/MOM の投資対効果を説明しにくい、という声があげられた。それでは、この面での障害はどのように解決していくべきか。

7.2 節に述べたように、MES/MOM の提供する最大の価値は、製造業のダイナミック・ケイパビリティの向上にある。そして、ダイナミック・ケイパビリティの効果とは、環境変化に対応する際のロス・コスト削減にある。

ただし、あいにくロス・コストは、販売機会損失などと同様、そのままでは計測できず、財務諸表にも現れてこない。したがって、経営者が MES/MOM への投資判断を行う際には、ダイナミック・ケイパビリティへの投資意識を持つことが求められる。

図 7.2.2 に示したように MES/MOM は、経営・製造管理者・現場の三つのレベルで、それぞれ異なる提供価値を持つ。これらのメリットは、それぞれの層だけで見ると、投資対効果を計算しにくいし、引き合わないように見えやすい。現在の MES/MOM は、まだそれなりに導入費用がかかるからである。

しかし、これら三層で得られる価値を総合して見るならば、MES/MOM の投資対効果は大きいと考えられる。三本の矢と同じで、一本だけの矢は簡単に折れてしまうが、三本まとまると頼りがいのある価値を発揮するのである。

ちなみに工場設備を始めとする、いろいろな仕組みやシステムのコストを考える際に、将来への柔軟性や拡張性を考慮すると、コストが 5 割くらい高くなる、という『コスト 1.5 倍論』がある。この 5 割増しのコストをどう見るかが、ダイナミック・ケイパビリティへの投資意識を表すのである。

いうまでもないが、今日の製造業においては、現在工場で生産している製品種類も数量も、将来大きく変動する可能性がある。かりに現状の品種と数量を設計条件として固定し、コスト最適な仕組みを作ったとしても、その最適性は短命に終わりかねず、また多額の追加費用をかけ新しい条件下で仕組みを作り直すことになりかねない。

MES/MOM を活用した製造マネジメント業務のデジタル化は、このような将来変化への対応能力を格段に高める効果を持つ。じつは MES/MOM の導入費用自体が、上述の 5 割増しのコストの一部に含まれる訳であるが、それゆえ、MES/MOM を単体の投資対効果で判断すべきでないことが分かる。

加えて、7.3 節にも説明した通り、MES/MOM は製造業における情報とデータのハブの役割を持つ。この面から言っても、MES/MOM を単体で評価すべきでないことは明らかであろう。このような認識を、製造業に広めることが、これからの製造デジタル化の普及政策において肝要である。

最後に、組織づくりの面にふれておきたい。アンケート調査では、MES/MOM 導入推進役となる組織の不在が指摘されている。他方、MES/MOM を現に活用している企業では、工場内に IT システムを担当する部署がおかれている。組織がないから IT 化が進まないのか、IT 化が進んでいるから組織があるのか、卵と鶏の関係は今回調査では不明であるが、企業組織の特性として、業務上の必要があれば人と予算をつけるのが、経営の役割である。この点では、経営者・工場ミドル・現場の協力が必要となる。

ただし、その際にネックとなるのが人財である。MES/MOM は業務系 IT と現場系 OT をつなぐ仕組みであり、その両面にある程度強い人財が求められる。しかし、企業内の人材教育にはある程度限界があるため、社会的ないし公的制度による人材育成が望ましいと思われる。

8章 MESの普及・利活用ロードマップ案

8.1 生産改革のシナリオ

本章では、以上の調査分析結果を受け、今後国内外の製造事業者がMESの導入・活用を検討するにあたって、我が国事業者が優位となるロードマップを作成する方法を考察し、合わせて政策提言と今後の調査課題について述べる。

製造業の実態は極めて広いバラエティーを持っており、そのスマート化への旅程を、一律に語る事は難しいというのが当研究会の認識である。したがってロードマップ作成においても、大きな枠組みを提示し、その内容は各業界・各社が実態に応じて、自ら組み上げることが望ましい。

ところで、ベンダーインタビューで明らかになった事実として、MESの導入は、それ単体で取り組むよりも、全社レベルの生産改革の一環として進める方が前進しやすい、という傾向がある。

それでは、生産改革の課題とは具体的にどのようなものであろうか。アンケート調査とデプスインタビューであげられた課題は様々であるが、共通性の高かったものを上げると、以下のように整理できる（図7.2.2も参照のこと）。

(1) 現場層の課題
- 人手不足
- 作業指示の明確化
- 技能継承：ただしこれは、単なる訓練伝承の問題だけでなく、さらに品質要因のデータ化（すなわち技能をデジタル的に形式知化して、機械化・再現可能とすること）をも含意する

(2) 製造MGT層
- 稼働の可視化
- スキルの可視化
- 在庫の適正化
- コストの可視化
- 進捗可視化
- 品質トレーサビリティ

なお、上記のスキル可視化から品質トレーサビリティまでは、3.2節 アンケート調査 設問5中(p.29,37)に現れている、製造マネジメント業務の課題把握に用いた「５つの質問」に相当する

(3) 経営層
- サプライチェーンのBCP：供給途絶時の対応
- ポータビリティ：海外工場への移転・立上げ
- スケーラビリティ：人員を増やさず能力拡大
- サステナビリティ：製造事業の継続性の確保（人材確保及び環境影響の面で）

これらを、あえて短期課題、中期課題、長期課題に分類したものが、図8.1.1である。

各社は、生産改革の旅程表を考える際に、これら課題をどのような順序で解決していくか吟味する必要がある。MESは、その主要な解決のツールであるが、もとよりITシステムがすべての課題をカバーし解決できるわけではない。したがって自社の状況と課題を鑑みながら、自動化・機械化、あるいは人材教育などを組み合わせ、改革の方途を考えていかなければならない。

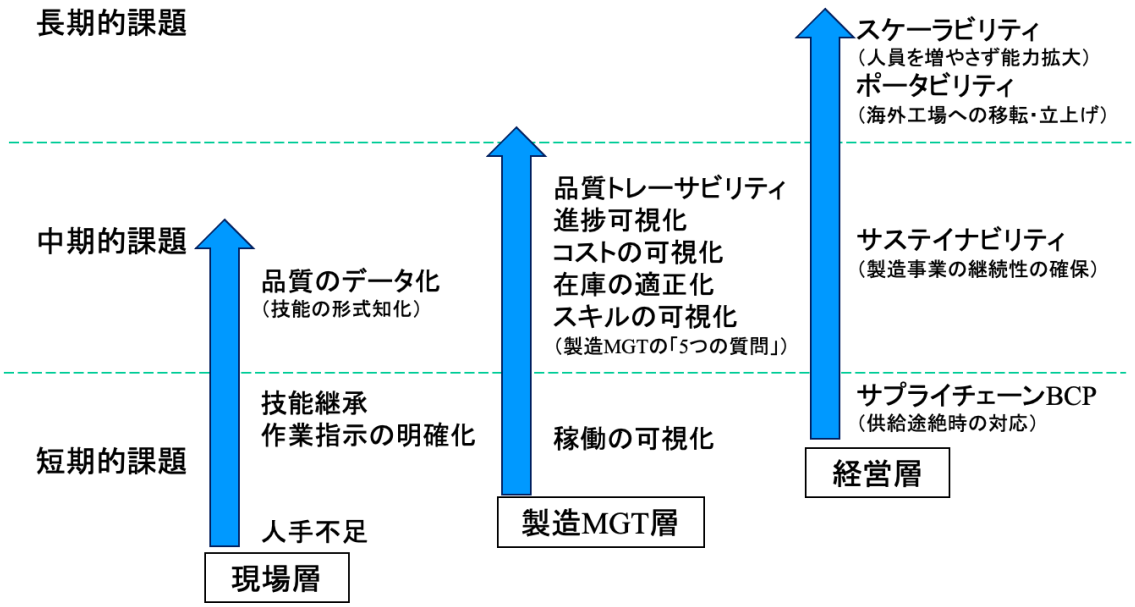


図 8.1.1　MES 調査から見た製造業の課題感

8.2　MES 導入のロードマップ

MES システム導入について、以前から進んでいたのは、半導体工場、医薬品工場、石油・化学工場、自動車組立工場である（これを「先導 4 業種」と呼ぶことにする）。しかしながら、この業種に属する企業が一律に同種の MES を導入できる訳ではない。その良い例が自動車業界であって、業界の裾野は数十万社に及ぶ巨大業界であるが、自動車最終組立ラインを持つのは、ほんの一握りの企業にすぎない。マス・カスタマイゼーションを要求される組立ラインと、部品製造では、製造マネジメント業務のあり方もかなり異なる。したがって、同一業界と言っても、業態及び各社の状況によって、一律に決める事は難しい。

そこで、ここでは典型的な 1 つの例を挙げることによって、検討のための枠組みないし材料を提供したい。IT 分野では一般に、まず実績の記録から始まり、次第に計画や指示の機能に広がり、さらにデータを蓄積統合する仕組みに至ると言うパターンが、いろいろな業務分野で見られる。これに準じて、3 つのフェーズで導入のロードマップを考えてみる。

Phase-1

- 実績系の機能中心：
  スモールスタートとして製造関係の実績データの収集・監視・記録機能を中心に導入する
- 個別システム導入：
  手作りあるいは市販のパッケージを、工程群あるいは業務ごとに導入する
- 現場機器・センサ接続：
  製造現場の設備等の見える化のために、機器やセンサと I/F をもって接続する
- IoT Platform 等：
  現場機器やセンサから取得したリアルタイムデータは、IoT Platform 等を利用してエッジサーバないしクラウドに集積する

Phase-2

- 計画系の機能を拡充：
  生産計画に基づく製造指図と SOP 系の機能を拡充し、品質データとも統合する
- 統合型 MES、ないしデータハブ型の連携：
  個別システムを統合型のパッケージで置き換える、ないし個別に I/F を開発する代わりに、中核となる DB への連携に I/F を統一する
- 上位 SCM/PLM 系との接続・5G 活用：
  上位のサプライチェーンシステム（ないし ERP や生産管理システム）や、設計系ツールと相互接続する。また現場との通信はローカル 5G などを活用する。

Phase-3

- データ蓄積・分析基盤系：
  自社のデータレイク等の蓄積基盤に接続し、製造関係データを AI ・アナリティックスによって分析、また BI ツールなどで他のデータと統合的に表示する
- 標準 MES 化し、全工場に展開：
  自社の MES/MOM システムを標準化して、海外工場を含む全社に水平展開し、共通の KPI やメトリックスによるマネジメントを可能にする
- 中央管制システムと連携・等：
  工場に中央管制的な仕組みと組織を導入し、生産で発生する様々な問題に、全社レベルで動的に対応できるようにする

これを図示したものが、図 8.1.2 である。なお各フェーズの目標年度を、2024 年、27 年、30 年などとしているが、これも無論、一例である。

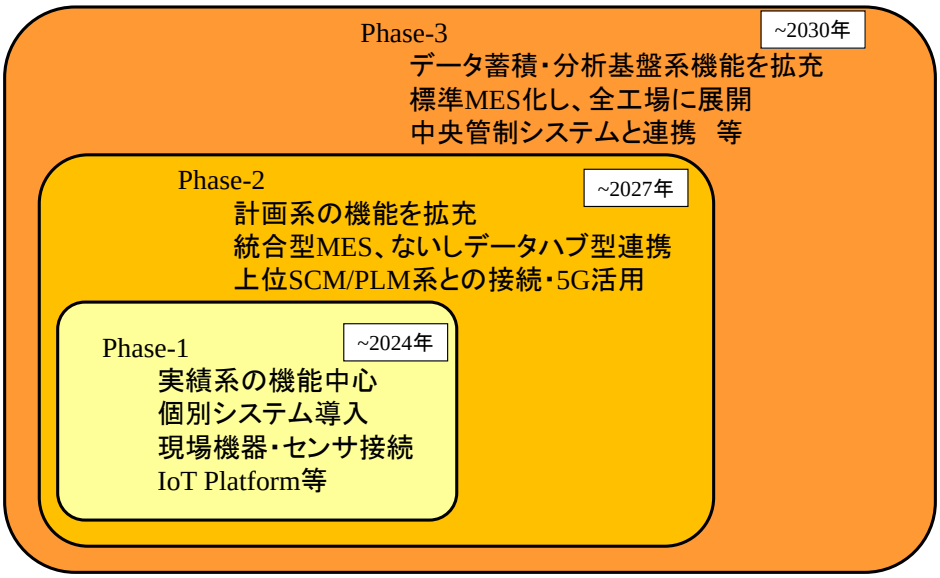


図 8.1.2　MES 導入のロードマップ（例）

さて、このようなロードマップを描いたら、自社の製造に関する課題とマッピングし、それらがいつどのような形で解決できるかを示す方が良い。それを示した例が、図 8.1.3 である。ここでは現場層、製造マネジメント層、経営層の 3 つのレイヤーに対して、Phase-1 では短期的な課題を主に解決し、Phase-2 で中期的課題に取組み、長期的課題は主に Phase-3 で対応する、といった計画を示している。もとより、生産に関わる問題のすべてを、MES が解決できるわけではない。例えば人手不足問題は、やはり自動化・機械化などが主役になるであろう。しかし現場の機械類を自動化す

るためには、制御システムだけではなく、やはり MES の存在も大きな助けになるはずである。また中期的な課題解決のためには、（図では煩雑になるため略したが）SCM/ERP/PLM システム等の導入や連携・刷新も必要になるであろう。

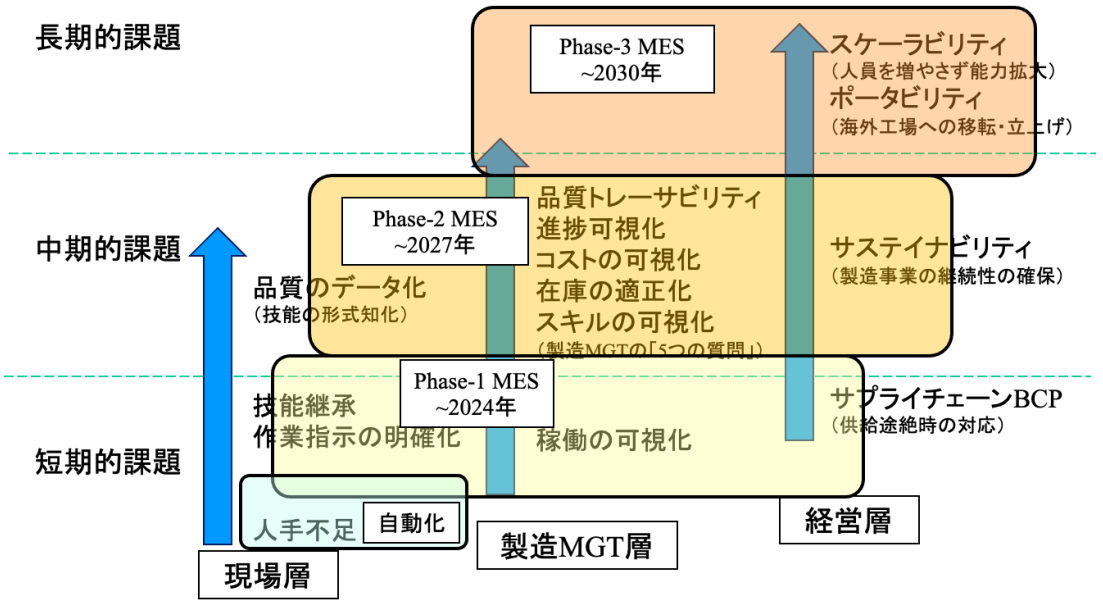


図 8.1.3　MES ロードマップと生産改革のマッピング（例）

ちなみに上記の Phase-3 では、『中央管制システム』のコンセプトに触れているが、この定義は 1.2 節を参照されたい。中央管制システムは、MES の存在を前提にしたアーキテクチャになっている（図 8.1.4）。

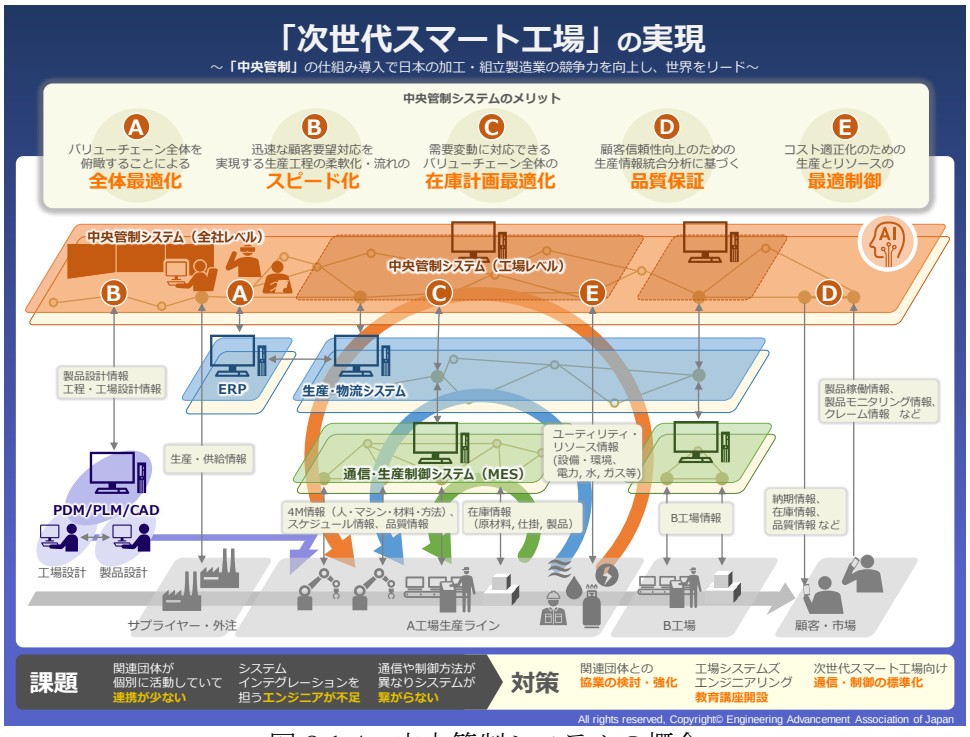


図 8.1.4　中央管制システムの概念

8.3 MES 推進に必要な事項と課題

前述のような形で、生産改革のための大きなロードマップを描いたら、それを実行に移さなければならない。この際に必要となる事柄が大きく 3 種類ある。

(1) 経営 TOP の理解と投資判断

第一は、経営 TOP の理解と投資判断である。まずは経営者が、製造マネジメント業務の重要性と、それをサポートするツールとしての MES を認知する必要がある。第 7 章では、MES 単体の費用対効果や ROI を議論することは、意味が薄いことを述べた。

とは言え、導入に伴って何らかの効果測定は必要であろう。そのための適切な効果測定手法を選び、整備する事は、必ずしも簡単ではない。MES の主たる価値はダイナミック・ケイパビリティの向上にあるため、QCD や生産量・在庫量、売上と工場原価といった、従来的な KPI では必ずしも目的にフィットしないからである。

また経営者にとっては、このようなシステムの導入が、企業価値の評価に具体的につながるかどうかも気になる点であろう。今日の財務諸表や統合報告書には、こうした IT アーキテクチャの保持する価値が記載されないからである。いわゆる「DX 銘柄」認定などの制度が、将来さらに製造の面で拡充されるならば、推進のための力となり得るかもしれない。

(2) 社内の体制と人材

第二に必要な事項は、社内の体制と人材である。このような大型の改革の一環として MES 導入を進めるためには、以下のような職種・役割・体制が望まれるであろう。

- 生産改革活動のオーナー（役員クラス専任者）
- MES 導入プロジェクトのリーダー（管理職クラス専任者）
- アドバイザー（ビジネスアーキテクト、参謀役）
- 部門横断的なプロジェクトチーム体制
- 実稼働段階での運用組織・教育体制

既に製造マネジメント層でも人手不足が深刻な現状において、これだけの人材を集めることは、決して簡単ではないとも想像される。言うまでもなくここで必要になるのは、外部の力の活用である。

(3) MES 導入に関わるパートナー企業

そこで第 3 の要素として、MES 導入に関わるパートナー企業の存在が着目される。必要なのは MES/MOM ソフトウェアパッケージのベンダーだけではない。IT 領域や OT 領域の SIer、機械設備・ロボットメーカーなどが必要である。

ここであえて注目すべき存在として、プロジェクト・マネジメント・コンサルティング企業（PMC）を挙げたい。これは一種のオーナーサイド・コンサルタントとして、プロジェクト初期の構想段階から、実装段階を経て実稼働開始までを指南し、支援する役割の企業である。製造業の MES 導入プロジェクトチームの知識や能力、そして工数の不足を補うのが、その主たる役目である。

海外では PMC が IT から建設まで広い分野で活用されている。PMC 業務を担うのは、個人コンサルタントの場合もあるが、専門分野のコンサルティング会社や、エンジニアリング系企業・総合 IT 系企業などの場合もある。生産改革と製造マネジメントのデジタル化・MES 導入プロジェクトの場合は、製造系に詳しく IT・OT にも通じたコンサルティングが必要である。

なお ERP 導入プロジェクトではしばしば、請負側の SIer に「導入コンサルタント」という、設計を担う SE 的職種が登場するが、PMC はそれとは違う点に留意されたい。PMC の仕事とは、例

えば異なる部門間の要求事項を整理して順序付けを助け、要件定義書と RFP を取りまとめ、ベンダーの引合いや選定・発注に関わる諸手続きを助け、さらに、プロジェクトの進捗管理やコスト集計、スコープ調整や変更管理など、プロジェクト・マネジメントの実務上必要となる、様々なスタッフ的業務を補うことで、リーダーを助けるのである。

ここで述べたようなパートナー企業群に関しては、幸いにも、我が国事業者の優位性がまだ保たれている。例えば、工作機械・ロボットメーカーは世界トップ水準にあるし、物流設備・制御システムも一流である。さらに優秀なラインビルダー企業もおり（海外での知名度は高いのに比べ国内での認知は低いが)、そしてエンジニアリング企業（ゼネコン・重工含む）も、プロジェクト・マネジメント能力で存在感を示している。

日本の製造業はともするとこれまで、自社内で生産の仕組み作りや改革活動を自己完結させる傾向が強かったが、今後はこうしたパートナー企業を積極的に活用する時期に入ってきていると思われる。

とはいえ本報告書では、上記に述べたような大型の生産改革が、MES 導入の絶対必要条件だと主張するつもりはない。MES 単体を企画し、導入し、運用に供している事例も決して少なくない。あるいは、新しい製造設備の拡充増強、ないし新工場の建設に伴って、MES を導入する事例などもある。半導体や医薬品など、先導 4 業種のように、MES は最初からあって当然、という感覚の業界も存在する。導入プロセスはその企業環境に応じて、選ぶべきである。

8.4 施策提案

以上見てきたようなロードマップと必要な事柄から、MES 普及・活用上の課題と、公的支援施策について、ここであえて整理提案,してみたい。

(1)　経営層の認識・認知の推進

インタビューを通じて感じられたのは、経営層と現場との距離感の遠さである。「製造マネジメント業務は、現場のブルーカラーの仕事の延長のように思われている」と言う発言もあった。これが象徴しているように、わが国の製造業では、いつの間にか、現場の自主性を尊重する態度が、現場任せと無関心の態度に、微妙にすり変わったケースがあるように感じられる。製造マネジメントや MES システムといった課題の認知と重要性の認識が、まず何よりも必要である。

加えて、投資判断のあり方にも、変化が望まれるように思われる。工場はコストセンター、と言う観点だけからでは、ダイナミック・ケイパビリティ向上に必要とされる「5 割増の投資判断」は生まれてこない。経営者層へのダイナミック・ケイパビリティの認知普及が必須である。

国が「2025 年 DX の崖」で示したような、経済界に対する訴えかけや、DX 認定制度に類する、評価認証の取り組みが必要に思われる。

(2)　人材育成と支援業界のアピール

今回の調査では、工場における MES 導入の推進組織の欠如が多く指摘された。工場 IT 組織が先なのか、あるいは IT システム導入が先なのか、卵と鶏の関係にあり、答えは単純ではない。しかし IT と OT をつなぐ人材が必要であり、かつわが国では極めて不足していることも事実である。

わが国では IT 系エンジニアの約 7 割が、IT 産業側に属しており、ユーザ企業側の企画開発能力が、米国などに比べて、不足していると言う指摘もある。また学校教育や社会人教育における、製造型の IT ・ OT 教育も極めて限られている。人材育成は個々の企業努力の範囲を超えた面もあり、公的な取り組みが望まれる。

ちなみに、我が国製造業には強固なカイゼン文化が存在する。実際、現時点では、製造現場に優秀な人材がまだ、それなりに残っている。MES とカイゼン文化との両立を危惧する声も当初聞かれたが、先進事例調査を見る限り、むしろ現場側が MES を活用して、改善を進める姿も少なくない。

IT ・ OT 技術の理解は、必ずしもホワイトカラーでなければできないものでもないので、現場オペレータ層のリスキリングも方策の一つであろう。

(3) 資金的な支援と効果測定

わが国の MES 市場はすでに普及期に入ったと考えられ、これからもベンダー各社による活発な製品開発が続けられると思われる。とは言え、MES システムはまだいささか高価である。導入には最低でも千万円単位、多少規模や難易度が上がると億の単位の費用がかかる。

クラウドでの SaaS 型提供が進めば、初期導入費用はある程度、軽くなる。だが、それでも中堅・中小企業への導入は、コストと人材の両面で、かなりハードルが高い。とは言え、中堅中小レベルの企業こそ、現場目線での局所最適ソリューション導入ではなく、全体を見据えた生産の仕組みのデジタル化が望まれる。わが国の産業の裾野が中堅中小企業によって支えられている以上、デジタル・ディバイドの後ろ側に置き去りする事は許されない。

そこで提案したいのが、中堅以下の企業向けの、ロードマップ策定費用への貸付である。MES それ自体の費用は、市場原理に任せるべきだろう。だが、初期のロードマップ策定等の費用は、外部の有識者や PMC（プロジェクト・マネジメント・コンサルティング企業）などの巻き込みも必要なため、負担感が大きい。我が国ではこうした無形の知的サービスに、対価を支払う意識が乏しいことは、かねてから指摘されてきた事である。かといってこの作業を、ベンダーの無償提案サービスに依存するのも適切ではない。

貸付と書いたのは、無論、MES の投資回収と返済を意識する必要があるからである。したがって、ある種の効果測定とバリュエーション（金銭評価）手法とセットにしなければならない。ただしすべてにすでに述べたように、MES 単体では、必ずしも投資対効果が判断できない。よって、こうした取り組みは、生産改革レベルで行われる必要があるし、そうでなければ、特に中堅クラスの企業では十分な効果も発揮しがたい。

それを助けるのが、すでに述べたコンサルティング企業(PMC)の公的な活用である。これに認定制度を組み合わせるのも手段の一つであろう。

一案としては、たとえば政策投資系の金融機関を通じて、生産改革構想づくりの費用を企業に貸し付ける。その際に、役務は認定した PMC に依頼する。中小零細規模ならば、中小企業診断士や IT コーディネーター個人で充分であろう。中堅企業の場合は、製造系 IT に強いコンサルティング企業や、上述のラインビルダー/エンジニアリング系企業である。貸付金はその償還が必要になるが、もし有効な生産改革プロジェクトの見込が得られた場合は、貸付を株式に転換し、配当として支払ってもらう。逆に生産改革を検討したが、現状では MES 等の仕組みの導入は必ずしも有用でない、といった結論となった場合、その検討費用返済は免除する、等の形で、企業側の借り入れリスクを低減する方策と結びつける。

このように、それなりの数の企業に対して、生産改革の構想づくりを公的に広く支援する政策は、今後の製造業の競争力回復において重要と考えられる。

以上の支援スキームのイメージを図 8.1.5 に示す。

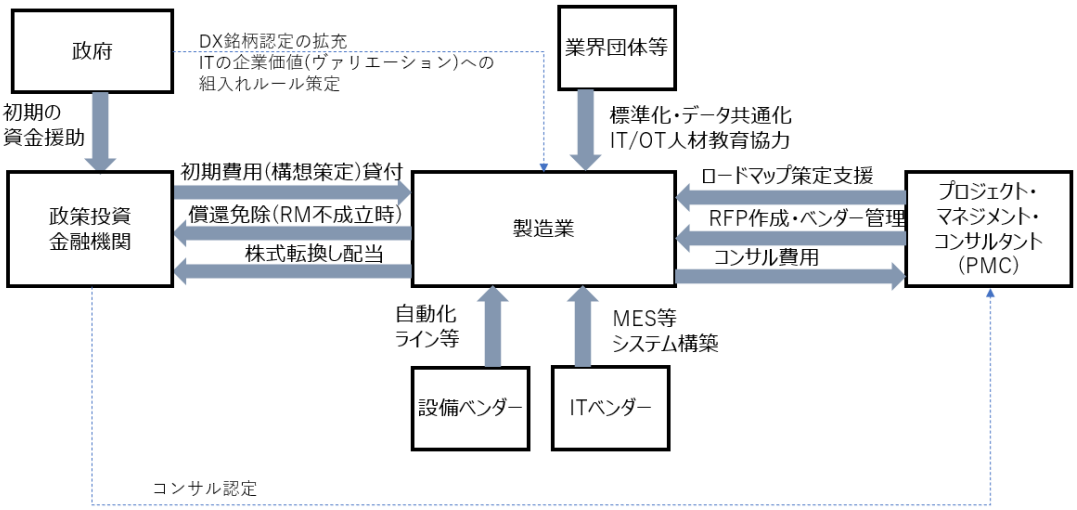


図 8.1.5　MES 導入支援スキームのイメージ

(4) 標準化とショーケース実装

最後にあえて、標準化への取組みをあげたい。ただしここで言う標準化は、ISA-95 などの MES/MOM 自体に関わる標準ではない。製造系と通信・制御・IT にまたがる分野では、データ品質等を含め、すでに数多くの標準化が議論され活動している。ここで言うのは、MES を導入するとき、必ず作らなくてはならないマスタ系のコード化・標準化である。たとえば取引先マスタ（事業所単位）や、RFID による物品識別子のマスタ、PLC 接続できる工作機械・ロボットのマスタなど、同一の業種ならば標準化の利点が高そうなものを選んで、共通利用できるような体制を作る。

さらに一歩進めて、特定業界を選び、標準化を活用した MES ショーケース事例を実装するのも有効であろう。抽象概念には無関心だが、目に見える先進事例には関心を持つ人々も多い。しかし MES ベンダーのショーケースと言えるものは、残念ながら日本ではほとんど存在しない（中国にはある）。個別企業の先進事例は無論存在するが、製造の秘匿性の観点から、なかなかオープンにはしがたい。しかし業界標準の共通利用と言う形を取れれば、そのハードルを乗り越えられるであろう。

どこの業界が適切であるかについては、本調査の範囲を超えるので、ここには述べない。ただし、MES はそれなりに技術的に高度で、かつ規制の厳しい業界から、順に取り入れられてきた歴史がある。またあまりに裾野の広い業界では、標準化に時間がかかりすぎる危険性がある。こうした観点から勘案すべきであろう。

8.5 次年度の検討課題

以上、我が国における MES 導入と活用の実態調査から見えてきた事をベースに、普及活用について述べてきた。ただし今回の調査は、時間的にも費用的にも限りがあり、深掘りできなかった課題が残っている。

経営層と投資家の認識：今回の調査では、アンケートもインタビューも、対象者は主に実務層であり、製造業では製造マネジメントに携わるレイヤーが多かった。そういう意味では実務レベルの MES の認知やニーズはつかめた。しかし、残念ながら経営者が製造マネジメント業務や MES をどう考えているのか、真の傾向はつかめていない。各企業が長い不況の間、「現場力」とモチベーションアップをキーワードに、工場での小集団活動や改善を熱心にすすめる傍ら、経済界は「工場はコストセンター、高コスト体質なら生産を海外移転するのがグローバル戦略」という矛盾したメッセージを発信し続けてこなかっただろうか。今日の人手不足問題は、自らまいた種と言えるかもしれない。さらに、経営者の判断に影響を与える投資家についても、どのような認識であるか不明である。したがって今後は、経営層や投資家の課題認識についても、なんらかの調査分析が必要ではないかと思われる。

周辺システムとの連携手法：これも、残課題の一つである。とくに生産計画系システムとの連携・分担は、いろいろなパターンが試みられているが、それぞれ利点と難点があるようである。わが国の製造業には、諸外国に比べて明らかに、頻繁な納期変更にさらされる商慣習がある。したがって計画型の取り扱いが、MES 普及のハードルの 1 つになっている可能性がある。

海外の先進事例調査：こちらも、今後試みる必要のあるポイントであろう。欧米、中国、台湾、そして東南アジアなど、地域ごとに実情の違いはあろうが、わが国の水準と比べてどのように違っているかを客観的事実としておさえておくべきである。

海外における人材教育の仕組み：これについても、調査が必要である。MES に携わる IT・OT 系エンジニアの育成、さらには企業の生産の仕組みを構想するビジネスアーキテクトを、大学や専門教育、社会人へのリカレント教育などで、いかに育てているのか、また資格制度などはどうなっているのかについて、調べることが望まれる。

スモールスタートの方法：MES 導入は、スモールスタートが良いと言う意見も複数聞かれた。ただしスモールスタートといっても、特定の工程単位に導入するのか、それとも、ある種の製品群だけで導入するのか。成功を決めるファクターについて、深堀り調査が必要である。

MES 普及活動とユーザ・コミュニティの形成：やはり、何より必要なことは、MES/MOM という概念の認知・普及活動の継続であり、また MES に関心のある各層によるユーザ・コミュニティの形成と情報交換であろう。その意味でも、昨年 10 月に開催した ENAA のシンポジウムは、画期的なイベントであったと思われ、今年も第 2 回の開催可能性を検討したい。そして同種の取り組みを、今後も継続していくことが望まれる。

このように様々な残課題はあるが、今回の MES 調査で明らかになった事実も多い。先進事例の中には、これから製造マネジメント業務のデジタル化と MES 導入に取り組みたいと願っている製造業の人たちに、自分たちの期待を実現するための参考ケースとなるものもあるだろう。本報告書がそうした人々の期待に、多少なりとも叶うものとなっている事を願っている。

以 上

用語解説

本文中の専門用語について、以下解説する。

用語	用語解説　（出典）	ページ
APS	Advanced Planning and Scheduling：短期、中期あるいは長期にわたる物流および製造工程の分析と計画を行う技法であって、有限能力計画などの先進的なコンピュータアルゴリズムを利用したもの。　(APICS 辞書の抄訳)	46, 101, 108 ほか
ATO 受注組立生産	顧客注文により最終の組み立てをする生産方式（Assemble to Order）　（ウイキペディア：サプライチェーンマネジメント）	42 ほか
BCP	Business Continuity Plan：　災害などの緊急事態が発生したときに、企業が損害を最小限に抑え、事業の継続や復旧を図るための計画　（ウイキペディア）	31
BOM	Bill of Material：1)　親組立品を構成する全ての部品、素材、中間組立品等とその数量を現した表　2)　業者が顧客から請け負う製品を作るのに必要な全ての材料を現した表　(APICS 辞書の抄訳)	89, 108　ほか
BOP	Bill Of Process　：　製品の組み立てや加工の際の、部品ごとのプロセスフローを表現したもの。日本語では“工程表”と訳される。（日経 Xtech 2016/4/6 記事）	104, 108 ほか
BOR	Bill of Resources：ある部品を製造するために必要な資源と能力とを現した表　(APICS 辞書の抄訳)	104
バルクケミカルとファインケミカル	一般に大量生産し比較的安価な化学製品をバルクケミカル、これに対し多品種少量生産で付加価値の高い化学製品をファインケミカルと呼ぶ。（四国化成工業）	68
クラウドとオンプレミス	オンプレミスは、自社内にサーバーを設置し、システムを自社で構築する仕組み。クラウドはサーバーをインターネット上の仮想空間で保有し、システム構築もインターネット上の仮想空間で行うこと。（cloud-ace）	13, 18, 119, 143 ほか
CIM	Computer Integrated Manufacturing：コンピュータシステムと経営哲学とを総合して、製造業の組織をまとめていくこと。「コンピュータ統合生産」とも呼ばれる。(APICS 辞書の抄訳)	88, 106　ほか
新型コロナウイルス	2019 年末に中国武漢市において初めて感染者が確認され、その後世界中に蔓延しパンデミックを引き起こした	5
サイバーフィジカルシステム	実世界（フィジカル空間）にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析／知識化を行い、そこで創出した情報／価値によって、産業の活性化や社会問題の解決を図っていくもの (JEITA 電子情報技術産業協会)	5
デジタルトランスフォーメーション	Digital transformation　：　「IT の浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」という仮説。2004 年にスウェーデンのウメオ大学教授、エリック・ストルターマンが提唱したとされる。(ウイキペディア)	5
ディスクリート生産	Discrete Manufacturing：自動車、電化製品、コンピュータなど明確に区別できる製品を生産する方式 (APICS 辞書の抄訳)	10, 70　ほか
ディスクリート・ケミカル	Discrete Chemical　：　従来の化学プラントでは、流体の原料/製品が塔槽類と配管を通して移送され、プロセス生産と通称される。これに対し、機能性素材や電子材料を生産する化学プラント	27

用語	用語解説　（出典）	ページ
	は、固体の原料/製品が多く、ディスクリート工場的なハンドリングが必要とされる。こうした化学プラントのことを通称するため、日揮 佐藤知一氏が 2006 年計測制御工学会などで提唱したもの。	
ダイナミック・ケイパビリティ	dynamic capability：組織が事業環境等の変化に対し動的に対応できる能力のこと。ものづくり白書 2020 年版では「企業変革力」と訳されている。	5
DX 銘柄	経済産業省と東京証券取引所とが、2015 年より選定し公表している、IT 利活用に積極的に取組んでいる企業のこと。	117
エンジニアリングチェーン	製造プロセスにおける設計部門を中心とした業務で、企画構想から始まり、製品設計、工程・設備設計、生産準備、アフターサービスまでの一連業務のプロセスのこと。（日立ソリューションズ東日本）	5, 13, 109 ほか
ERP	Enterprise Resource Planning：企業組織における効果的な計画と調整とを行うために必要な業務手順を組織化、定義および標準化するための枠組み。（APICS 辞書の抄訳）	7, 13, 20, 70 ほか
ETO 個別受注生産	顧客の注文に従い設計し生産納入する生産方式（Engineer to Order）　（ウイキペディア：サプライチェーンマネジメント）	42, 105 ほか
5G 無線（移動通信）システム	Fifth Generation Mobile communication technology　：　1G・2G・3G・4G に続く国際電気通信連合（ITU）が定める規定「IMT-2020」を満足する無線通信システムのこと。一般的に「5G」（ファイブジー）等と略される。高速大容量（eMBB)、高信頼低遅延（URLLC)、多数同時接続（mMTC)といった技術的特長を有する。（ウイキペディア）	5, 80, 115 ほか
ヒストリアン	OSIsoft 社の製品 PI System（パイシステム）が代表する IT 製品で、石油・ガス、発送電、採掘、化学、パルプ、製鉄、製薬などさまざまなプロセス産業で大量のデータを現場からリアルタイムに収集・蓄積・管理・表示・分析する機能を有する。　（ウイキペディア：OSIsoft を編集）	81, 137 ほか
IoT	Internet of Things：様々な「モノ（物)」がインターネットに接続され（単に繋がるだけではなく、モノがインターネットのように繋がる[3])、情報交換することにより相互に制御する仕組み（ウイキペディア)	8, 13 ほか
IoT プラットフォーム	IoT プラットフォームとは、IoT デバイス、アプリケーション、ネットワークなどを、クラウドを介して効率的につなぐための“プラットフォーム（土台)”のことです。この言葉は様々な意味合いで使われることがあり、構築されたシステム全体のことを示す場合もあります　（アスピック）	18 ほか
IT と OT	Information technology と Operational technology のこと。一般に、前者はインターネットにつながり、共通化された OS 等をもとにするが、後者は工場内通信系で閉じ、PLC 等の制御装置メーカーの仕様に制約される。	6, 10 ほか
JIT ジャストインタイム	Just in Time：計画的に全ての無駄を省き、継続的に生産性を改善することを k 事本とする生産哲学のこと（APICS 辞書の抄訳）	84
マスカスタマイゼーション	Mass Customization　：　マーケティング、製造業、コールセンター、経営戦略論における用語で、コンピュータを利用した柔軟な製造システムで特注品を製造することを指す。低コストの大量生	5, 114

用語	用語解説　（出典）	ページ
	産プロセスと柔軟なパーソナライゼーションを組み合わせたシステムでもある。(ウイキペディア)	
MES	製造業の経営基幹業務 IT システムと工場現場の OT 制御系とをつなぐ IT ソリューション製品の分類として、1990 年頃に米国調査会社 AMR リサーチ社が提唱した概念。Manufacturing Execution System の略。	随所
MOM	MES の名称で普及した IT ソリューション製品の仕様や制約を ISA 95/IEC 62264 として国際規格化した際に、MES をより汎用的な MOM：Manufacturing Operation Management として定義したもの。	随所
MRPⅡ	Manufacturing Resource Planning：　製造企業が有する全ての資源の利用を効果的に行う手法。理想的には、操業計画、財政計画および仮想の質問にシミュレーションで答えを出せる。(APICS 辞書の抄訳)	85
MRP	Material Requirement Planning　：BOM データ、在庫データおよびマスター生産スケジュールを用いて、必要な素材の要件を算出する一連の技法　(APICS 辞書の抄訳)	47, 85, 108
MTO 繰返し受注生産	顧客注文後に原材料調達をし生産納入する生産方式（Make to Order）　（ウイキペディア：サプライチェーンマネジメント）	42
MTS 見込み生産	見込で生産した在庫に顧客が注文する生産方式（Make to Stock）　（ウイキペディア：サプライチェーンマネジメント）	42
パッケージ製品とスクラッチ開発	基幹系システムの刷新プロジェクトでは、一から自社で作り込むスクラッチ開発か、パッケージ製品を利用するかがは重要なポイントになる。（日経 Xtech 2020/6/8 記事）	10, 13, 14 ほか
プロセス生産	Process Manufacturing：混合、分離、合成および化学反応に基づく生産方式。バッチモードと連続モードとがある。 (APICS 辞書の抄訳)	12, 27　ほか
QCD	Quality(品質)・Cost(コスト)・Delivery(納期)という製造業における重要な三本柱の要素のこと　（構造計画研究所）	30, 104
スケールアウト	システムを構成するサーバーの台数を増やすことで、システムの処理能力を高めること。（クラウド・データセンター用語集）	37
スケジュール	Schedule　：　計画した出来事の時間表。出荷計画表、製造日程表など。プロジェクト計画表等では各出来事の始点と終点を含む。　(APICS 辞書の抄訳)	
スケジューリング	Scheduling　：　時間表を作り出す行動。 (APICS 辞書の抄訳)	
スケジューラー	Scheduler　：　資材計画者(material planner)や製造指図者(dispatcher)を指すこともある (APICS 辞書の抄訳)。近年はスケジューリングソフトウエアのことも指す。	7, 19, 80 ほか
SDGs	Sustainable Development Goals　：　2015 年 9 月 25 日の国連総会で採択された『持続可能な開発のための 2030 アジェンダ』に記述された、17 の世界的目標、169 の達成基準、232 の指標からなる持続可能な開発のための国際的な開発目標。　（ウイキペディア）	31
スモールスタート	新たな事業を立ち上げる際に、最初は機能やサービスを限定するなどして小規模に展開し、需要の増大などに応じて順次規模を拡大させていくこと。(コトバンク)　和製英語であり、英語では XXX 等という（要調査）　（筆者）	12, 18, 121 ほか

用語	用語解説　（出典）	ページ
スマートマニュファクチャリング/スマート工場	コンピュータ統合生産、高度な適応性と迅速な設計変更、デジタル情報技術およびより柔軟な作業者技能訓練等を採用する幅広い分野の生産方式.（wikipedia）	随所
SOP	Standard of Procedure：標準手順書 （注：　S&OP (Sales and Operation Planning）と混同しないこと)	19, 90, 104 ほか
サブスクリプション	「定期購読、継続購入」を意味し、商品やサービスを所有・購入するのではなく、一定期間利用できる権利に対して料金を支払うビジネスモデルを指す。英語圏では新聞、雑誌の定期購読などで古くから用いられている言葉。　（NTT コミュニケーションズ）	74, 136, 168
サプライチェーン	製品の原材料・部品の調達から、製造、在庫管理、配送、販売、消費までの全体の一連の流れのこと。日本語で「供給連鎖」といわれることもある。（大和物流用語集）	5, 22, 89 ほか
SIer	Systems Integrator　：　個別のサブシステムを集めて 1 つにまとめ上げ、それぞれの機能が正しく働くように完成させるシステムインテグレーション事業を行う個人や企業のこと　（ウイキペディア）	
トレーサビリティ	物品の流通経路を生産段階から最終消費段階あるいは廃棄段階まで追跡が可能な状態をいう。日本語では追跡可能性（ついせきかのうせい）とも言われる　（ウイキペディア）	15 ほか
バリューチェーン	企業の様々な活動が最終的な付加価値にどのように貢献しているのか、その量的・質的な関係を示すツール。1985 年にハーバード・ビジネススクール教授のマイケル・E・ポーターが著書『競争優位の戦略』の中で提唱したフレームワーク。　（野村総研）	6 ほか

参考文献

1) MES Functionalities and MRP to MES Data Flow Possibilities, MESA International Whitepaper No.2, March 1997
http://www.reedbel.com/uploads/reedbel/support/zhuantizhishi/pap2.pdf
2) 半導体工場におけるオープン化、売賀賢介、精密工学会誌 1997 年 Vol.63 No.5 pp.629-632
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjspe1986/63/5/63_5_629/_article/-char/ja/
3) エンタープライズモデル、福田好朗、人工知能学会誌 1998 年 Vol.13 No.6 pp.863-869
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsai/13/6/13_863/_article/-char/ja/
4) MES とソリューション、大滝勉、横河技報 1999 年 Vol.43 No.3 pp.97-102
https://www.yokogawa.co.jp/about/yokogawa/rd/rd_te_report/rd_tr_report_a04303
5) Challengers are Moving in on ERP, Gene Bylinsky, Fortune Magazine, Dec. 1999
https://archive.fortune.com/magazines/fortune/fortune_archive/1999/11/22/269599/index.htm
6) Manufacturing Execution Systems, Liezl van Dyk 氏（南アプレトリア大）修士論文、1999 年
https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/29348/Complete.pdf?sequence=7&isAllowed=y
7) MES 入門、中村実・正田耕一編著、工業調査会、2000 年 （絶版、中古入手可）
8) 生産管理用語辞典、日本経営工学会編、2002 年
9) MESX ホワイトペーパ、製造科学技術センター(MSTC) PSLX コンソーシアム/製造業 XML 推進協議会/FA オープン推進協議会、2004 年 http://www.mstc.or.jp/mfgx/spec/mesx-wp.pdf
10) IDEF0 による MES 参照モデルの解析、名古屋工業大学 今村・濱口他、プロジェクトマネジメント学会 2004 年度春季大会予稿集 pp.139-144
https://www.jstage.jst.go.jp/article/spm/2004.Spring/0/2004.Spring_139/_pdf/-char/ja
11) 半導体生産メタシステムの競争力弱化要因を探る、中馬宏之、RIETI(経済産業研究所) Discussion Paper 06-J-043、2006 年、
https://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/06050003.html
12) APICS Dictionary13th edition,2010
13) MES とは何か、ブログ「タイムコンサルタントの日誌」2011 年 6 月
https://brevis.exblog.jp/14886701/
14) MES の最新動向-ダイナミックな市場の変化に応える MES の新たな枠組み-、大坂システム計画(株)、計装誌 2011 年 Vol.54 No.3
http://www.osakasys.com/Library_Files/keiso_201103_MES.pdf
15) 製造オペレーションマネジメント入門-ISA-95 が製造業を変える-、NPO 法人ものづくり APS 推進機構(APSOM)、2015 年 http://apsom.org/docs/2015/20150323poms.pdf
16) IoT 時代の MES をもう一度考え直す（3 回連載)、ブログ「タイムコンサルタントの日誌」2017 年 8 月～9 月 (1) https://brevis.exblog.jp/25991822/ (2) https://brevis.exblog.jp/26007261/ (3) https://brevis.exblog.jp/26026181/
17) Smart Manufacturing Information Models Report, IEC TC65 SC65E 内部報告書 (ENAA 国際標準部会より入手)
18) スマート・マニュファクチャリングの将来ビジョンと実現に向けた国際標準化動向、松本高治、システム制御情報学会誌 2019 年 Vol.63 No.5 pp.200-205
19) 2020 年版ものづくり白書（令和元年度ものづくり基盤技術の振興施策） 経産省/厚労省/文科省 https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/index.html
20) スマートファクトリー実現の鍵となる「担い手」の輸出、佐無田啓、日本政策投資銀行レポート No.313-1、2020 年 6 月
https://www.dbj.jp/upload/docs/229e0d17f17e02eaeff65f40f8e3535f.pdf
21) 欧州のデータ連携戦略-GAIA-X/IDSA 文献分析から見えたこと-、RRI、2021 年 7 月
https://www.jmfrri.gr.jp/document/library/2112.html

22)　実務者目線から見た MES の重要性、佐藤知一、次世代スマート工場のエンジニアリング研究会『MES シンポジウム』講演資料、2021 年 10 月　（注：付録 2 中にも現れている）
23)　スマート工場研究会活動報告、松川弘明、ENAA Engineering 誌 2020 年 1 月号 pp.24-25 https://www.enaa.or.jp/?fname=eng154.pdf
24)　IEC 白書：セマンティック相互運用性-DX 時代のチャレンジ（英文/和文）,2019-2021 https://www.iec.ch/basecamp/semantic-interoperability-challenges-digital-transformation-age
25)　我が国の未来像(Society5.0)とセマンティック相互運用性-計算機同士が契約し対話する世界、出町公二、2021 年 9 月 28 日 ENAA エンジニアリングの最新 DX セミナー第 2 回 https://www.enaa.or.jp/seminar/51899
26)（予備）
27)（予備）
28)（予備）
29)（予備）

ISA/IEC/ISO 規格類
30) ISA 95 規格概要ページ　https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa95
31) IEC 62264　シリーズの概要ページ群
IEC 62264-1　https://www.iso.org/standard/57308.html
IEC 62264-2　https://www.iso.org/standard/57310.html
IEC 62264-3　https://www.iso.org/standard/40949.html
IEC 62264-4　https://www.iso.org/standard/63740.html
IEC 62264-5　https://www.iso.org/standard/67481.html
IEC 62264-6　https://webstore.iec.ch/publication/59706
32) ISO 22400　シリーズの概要ページ群
ISO 22400-1　https://www.iso.org/standard/56847.html
ISO 22400-2　https://www.iso.org/standard/54497.html
33) ISO 8000 シリーズの概要ページ群
ISO 8000-8　https://www.iso.org/standard/60805.html
ISO 8000-66　https://www.iso.org/standard/76390.html
34) ISO/IEC TR 63306-1 Ed.1,2020 Smart manufacturing standards map (SM2) Part1 : Framework および　ISO/IEC TR 63306-2 Ed.1,2021 Smart manufacturing standards map (SM2) Part2 : Catalogue
35)（予備）
36)（予備）
37)（予備）

MES ベンダーの MES 製品ウエブサイト

38) 横河ソリューションサービス(株)
https://www.yokogawa.co.jp/solutions/solutions/isol/mes-solution/
https://www.yokogawa.co.jp/solutions/products-platforms/isol/mes/
https://www.yokogawa.co.jp/library/resources/faqs/faq-mes-adopt/
https://www.yokogawa.co.jp/library/resources/faqs/faq-mes-merit/
https://www.yokogawa.co.jp/solutions/solutions/traceability/cimvisionassembly/
https://www.yokogawa.co.jp/solutions/solutions/operational-improvement/

39) アズビル(株)
https://www.azbil.com/jp/product/factory/factory-product/monitoring-control-system-software/manufacturing-execution-system/mes-super-kanrisyoku/index.html
https://www.azbil.com/jp/product/factory/factory-product/monitoring-control-system-software/manufacturing-execution-system/mes-pharmanage/index.html

40) ロックウエル・オートメーションジャパン(株)
https://www.rockwellautomation.com/ja-jp/products/software/factorytalk.html
https://www.rockwellautomation.com/ja-jp/products/software/factorytalk/innovationsuite/mes.html
https://www.rockwellautomation.com/ja-jp/company/news/press-releases/acquisition-of-plex-systems.html

41) シーメンス(株)
https://www.plm.automation.siemens.com/global/ja/products/manufacturing-operations-center/simatic-it-unified-architecture-discrete-manufacturing.html

42) ダッソー・システムズ(株)
https://www.3ds.com/ja/products-services/delmia/products/delmia-apriso/manufacturing-and-operations-value/beyond-traditional-manufacturing-execution-systems/

付録 1. 国内主要工場に於ける MES 導入実態調査報告書 2021 年 11 月(株)富士経済　作成

国内主要工場に於ける MES 導入実態調査　報告書

2021 年 11 月 26 日 改訂版

作成　：　株式会社　富士経済　インダストリアルソリューション事業部
（編集・匿名化：エンジニアリング協会）

調査概要

１．調査テーマ
国内主要工場に於ける MES 導入実態調査

２．調査のポイント
・国内の主要業種に於ける MES 導入実態の把握
・MES 市場実態把握

３．調査対象企業・団体

分類		調査対象企業・団体
国内主要工場(MES ユーザー)	自動車業界	A 社、B 社
	電機業界	C 社、D 社
	半導体・液晶業界	E 社、F 社
	三品業界	G 社、H 社
	ケミカル業界	J 社、K 社
FA-IT ベンダー		L 社
MES ベンダー		横河電機、日立製作所、Dassault Systemes、日本電気、富士通 Japan、Siemens DI Software 等

４．調査方法
弊社専任調査員による調査対象企業への直接ヒアリングにて情報収集した。当社保有データも一部活用

５．調査期間
2021 年 9 月～2021 年 11 月

６．調査担当
株式会社富士経済　インダストリアルソリューション事業部

目 次

Ⅰ．総括編 ・・・ 131
調査結果から見る MES 採用実態 ・・・
2．データ収集動向 ・・・
3．国内 MES 市場動向 ・・・
4．ISA95、ISO22400 対応状況 ・・・
5．FA-IT ベンダーの実態から見る現状と課題 ・・・
6．国内 MES ビジネス拡大のポイント ・・・

Ⅱ．ユーザー事例集計編 ・・・ 137
1．MES 採用状況 ・・・
2．MES 採用ベンダー ・・・
3．MES ソフトウェア形態 ・・・
4．MES の選定要件 ・・・
5．MES の機能 ・・・
6．情報収集範囲 ・・・
7．OT 情報取得課題 ・・・
8．MES に関する国際規格（ISA95、ISO22400）への準拠状況 ・・・
9．収集データ ・・・
10．データ活用の狙い ・・・
11．データ活用の方向性 ・・・
12．通信接続形態 ・・・
13．クラウド活用状況 ・・・

Ⅲ．ユーザー事例編 ・・・ 144
1．A 社 ・・・
2．B 社 ・・・
3．C 社 ・・・
4．D 社 ・・・
5．E 社 ・・・
6．F 社 ・・・
7．G 社
8．H 社 ・・・
9．J 社 ・・・
10．K 社 ・・・
・・・

Ⅳ．FA-IT ベンダー事例編 ・・・ 164
1．L 社の企業情報 ・・・
2．L 社のスマートファクトリーソリューションの概要 ・・・
3．L 社のスマートファクトリーソリューションの特徴・強み ・・・
4．L 社の FA-IT 案件事例 ・・・
5．L 社の顧客動向 ・・・
6．L 社の技術・標準化動向・見解 ・・・
7．L 社の今後の事業方向性 ・・・

Ⅴ．MES 市場実態編 ・・・ 169
1．国内市場規模推移 ・・・
2．国内参入企業シェア ・・・
3．主要参入企業の強み（海外企業含む） ・・・
ユーザー調査結果一覧 ・・・

Ⅰ．総括編

1. 調査結果から見る MES 採用実態

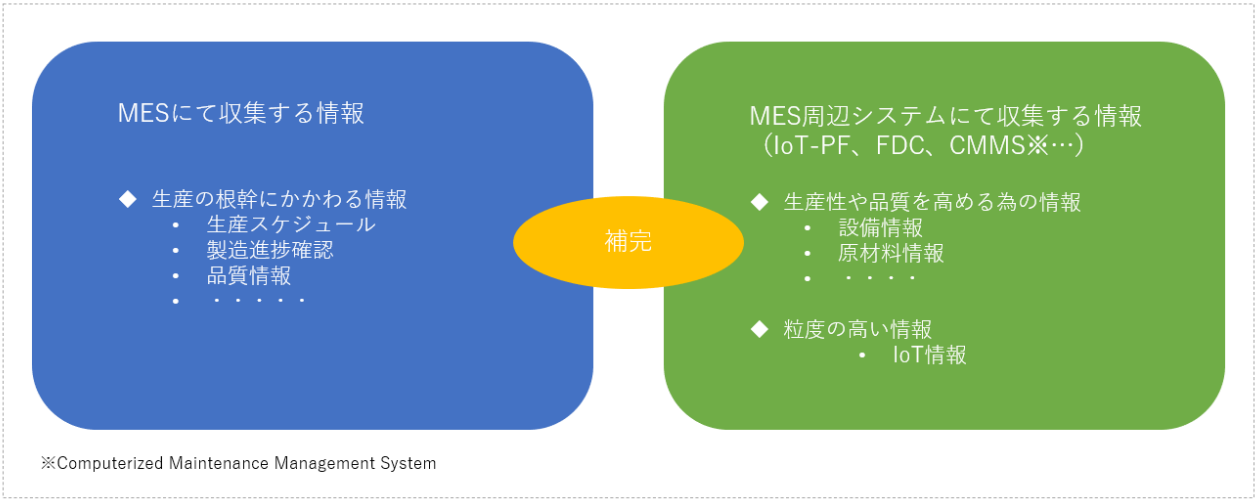
国内企業の MES 採用実態
大手企業全般にて MES は普及しており、プロセス系企業では古くから普及している
工場のデータ収集基盤として重要な位置づけにある
ディスクリート系業種ではデータ収集基盤に IoT プラットフォームを併用するケースもある

業種	MES 採用動向	データ収集基盤としての位置付け	背景
自動車	大手企業にて普及し始めている	IoT-PF との併用	ALC(アセンブリー・ライン・コントロール)※による製造実行が基本であった
電機	大手企業中心に普及している	IoT-PF との併用	組立工程では MES を持たないラインも多い。 必要となる情報粒度との関係から IoT/PF の評価が高い
半導体	MES は必要不可欠	MES を中心に複数システムが接続されている	SEMI 規格による規定。工程が複雑で機械化されており MES が必要且つ機能し易い
三品	普及している	MES を中心に複数システムが接続されている	プロセス要素が強く古くから MES が導入されている
ケミカル	普及している	MES を中心に複数システムが接続されている	プロセス要素が強く古くから MES が導入されている

注：PF…プラットフォーム
※ 主に自動車の最終組立ラインの投入順序と部品供給・ラインを同期化制御するための MES。一部溶接工程等にも採用されることがある。

今回ヒアリングした 10 のユーザー企業はいずれも MES を採用していた。国内有数の大手企業を対象としたことが大きな要因であり、規模が小さい企業では状況は異なると考えられる。
半導体業界、三品（食品・医薬品・化粧品）業界、ケミカル業界という古くから MES を採用しているプロセス系業種では、MES を中心にデータ収集しており、自動車、電機というディスクリート系業種では IoT プラットフォーム（表中は IoT-PF と表記）と併用する形が多い。MES の導入が最近である点と、より細かいデータ粒度を求める傾向があることによる。尚、半導体業界では FDC （Fault Detection Classification。製造装置をモニタリングすることにより異常検出し、統計処理することで生産性を改善する）を中心に IoT システムを構築している。

２．データ収集動向



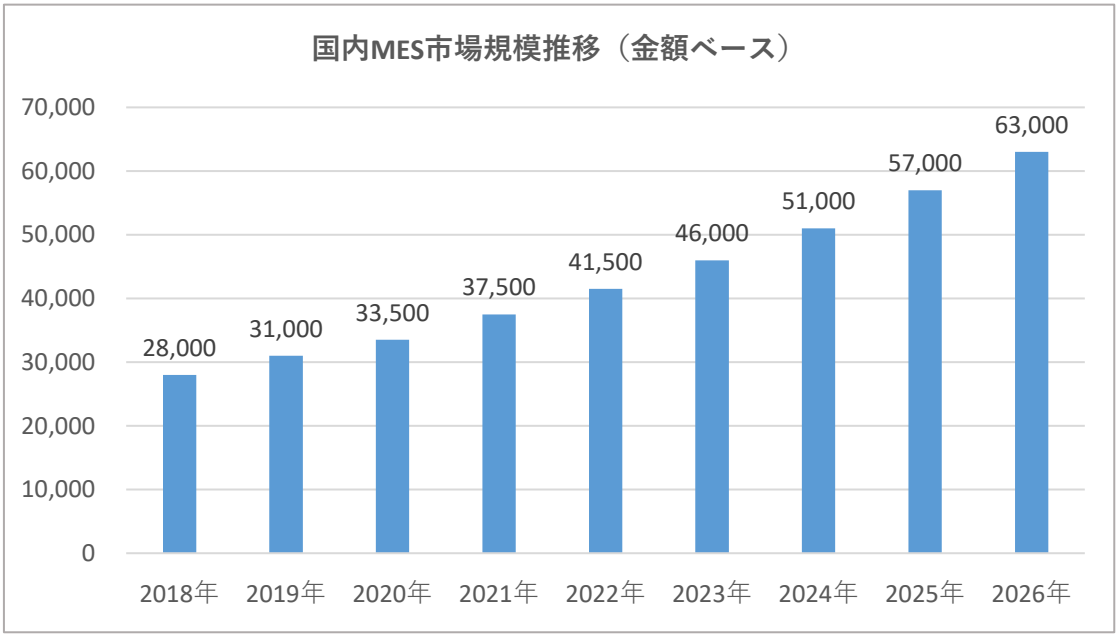
全般的な傾向として MES には生産に不可欠な情報が集まり、MES 以外のシステムには周辺情報が集まる。又、MES 以外のシステムにて収集した周辺情報は分析後に MES に接続される。
MES に全てのナマ情報が集約される必要は無く、複数システムのコアとして機能する形となる。
MES と周辺システムは相互に補完している。又、MES と周辺システムの境界はあいまいな面もある。

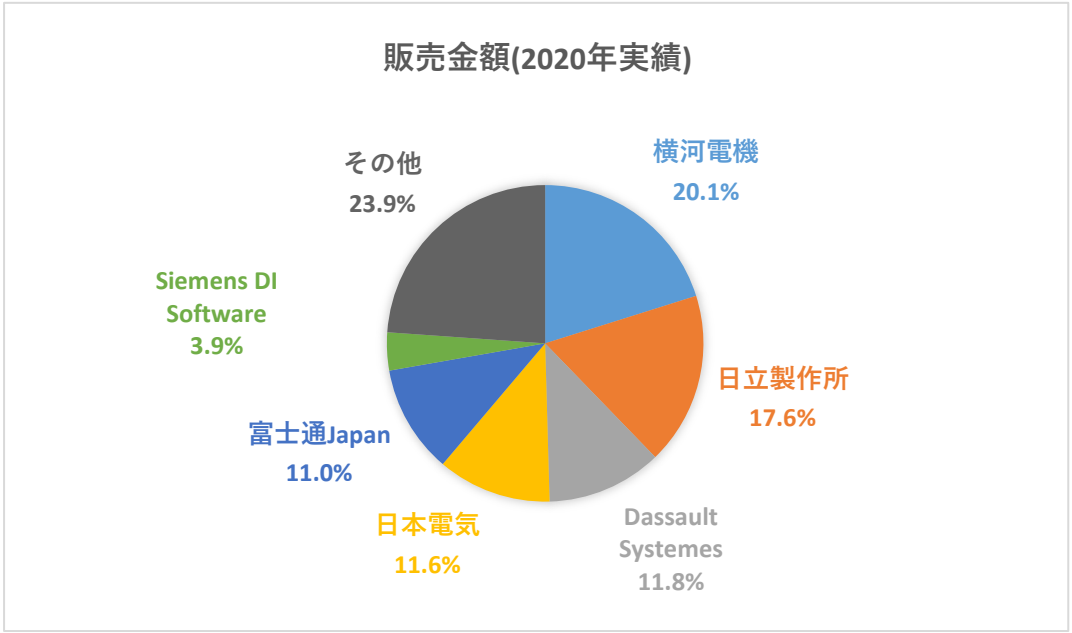
３．国内 MES 市場動向

国内 MES 市場動向・トレンド

工場見える化ニーズの高まりを受け市場は年率 10%程度の成長を継続中
コロナ禍と世界の競合企業に於ける工場デジタル化に対する危機感が背景にある

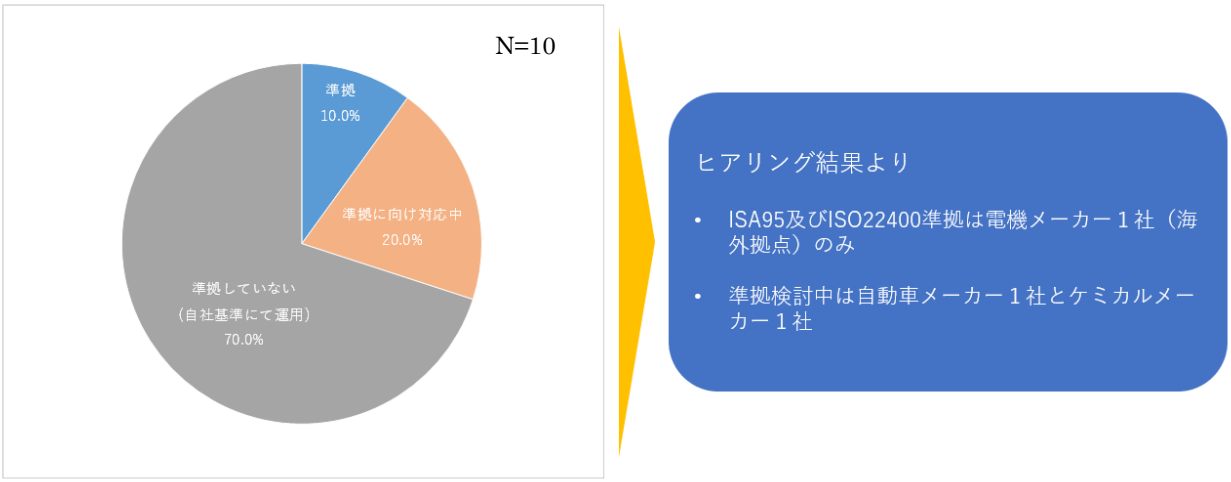
（単位：百万円）





横河電機はプラント向け、日立は製薬企業向けに強い。
Dassault は自動車向け、日本電気は電機向け、富士通は電機と自動車向けに強みを持つ。
いずれの企業もパッケージのカスタマイズやスクラッチ開発の比率が高く市場全体の 70%程度を占めると推定される。製造現場のオペレーションに対応するカスタマイズや周辺システムとの連携、画面のカスタマイズ等、カスタマイズ内容は多岐に渡る。

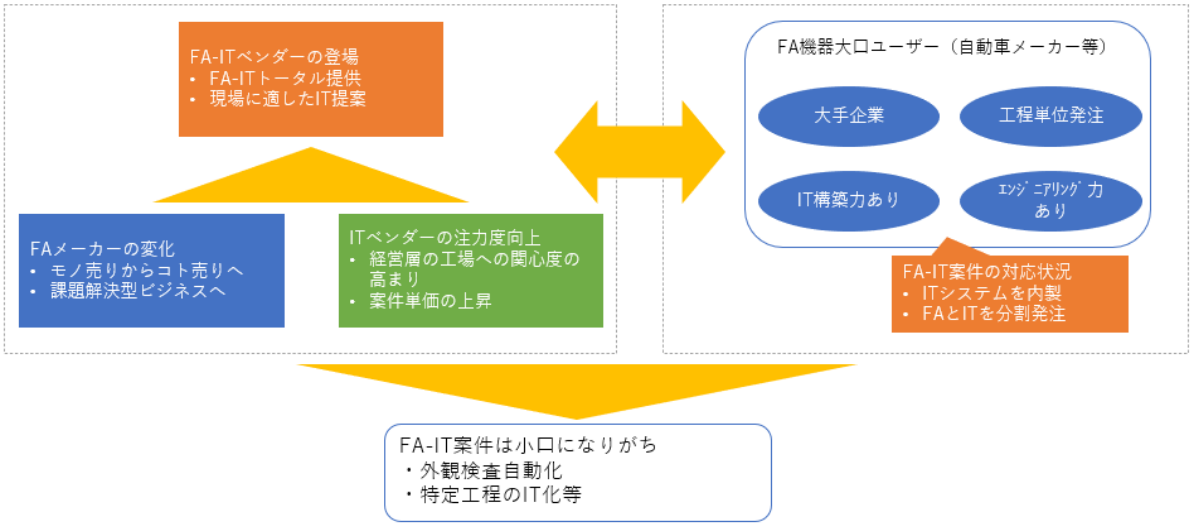
４．ISA95、ISO22400 対応状況



ISA95 準拠又は準拠検討中企業の概要
・電機メーカーが ISA95、ISO22400 に準拠しているのは海外拠点のみ。国内拠点は準拠していない。
・自動車メーカーは ISA95、ISO22400 を重視している。
・ケミカルメーカーは海外プラントとのデータ・システム連携を視野に ISA95、ISO22400 準拠を検討している。

日本では ISA95 と ISO22400 への関心度は低い。その背景には、欧米のように明確にレベル分けして業務範囲を決める必要性が低く、現場オペレータが自身で判断する日本の工場文化がある。ただし、工場デジタル化を進めるに於いて、規格化のメリットは大きく、今後の動向が注目される。

５．FA-IT ベンダーの実態から見る現状と課題



FA 業界では現在、モノ売りからコト売りへの変化が進みつつある。オムロンや安川電機はソリューション営業への注力度を高めている。
又、IT ベンダーもコロナ禍を受け、経営層が工場のブラックボックス状態を問題視していることに対応する形で工場案件への注力度を高めている。
ここ数年、工場では FA 機器と IT システムに関するワンストップニーズが高まっており、FA 機器と IT システムを一括提供可能な FA-IT ベンダーが登場している。
L 社が親会社の共同出資により設立されたことや、日立製作所がロボット SIer を傘下に収めている動きは、このトレンドを反映している。
とはいえ、現状では FA-IT 案件は小口のものが多い。自工程完結の思想から工程を繋いだシステム構築が難しい点や、大口ユーザー企業は自社にて IT システムを構築可能な能力を持っていること等が背景にある。
このような状況に対応する為、FA-IT ベンダーは、IT システム構築力が比較的低い中堅企業をターゲットとしている。ただし、根本的な解決策とは言い難い。抜本的な解決には、大口ユーザー企業に於ける自工程完結意識の変化や、FA-IT ベンダーが大手企業が納得するレベルの FA-IT システム構築力を持つこと等が必要となる。

６．国内 MES ビジネス拡大のポイント

国内 MES ビジネス拡大のポイント
ディスクリート系、プロセス系問わず工場のデジタル化が必須となっている
工場データ基盤に於ける MES の位置付けは高く、今後の普及が期待される
普及のポイントは MES の柔軟性とコストダウン

業界分類	データに関する動向	MES 採用拡大ポイント	ベンダー施策	方向性
ディスクリート系（自動車、電機）	・MES が採用されていなかった業界 ・工程毎にデータ収集 ・IoT-PF にて粒度の高い情報を収集 ・データの意味づけ目的にて MES の採用が始まっている	工程や手順変更が頻繁に発生するディスクリート系業界に適した柔軟性の高い MES が必要	・パッケージのライブラリ充実化 ・周辺システムとの連携強化（統合 1DB） ・サブスクリプションによるイニシャルコスト低減	・工場のデジタル化に伴い MES の必要性が高まる ・変種変量生産や工程変更に対応可能となれば、ディスクリート系業界への普及が進む ・プロセス系中堅中小企業へはコストダウンが一つのカギとなる
プロセス系（半導体、三品、ケミカル）	・MES 採用が当たり前の業界 ・MES を中心に工場データ基盤を構築	DCS で完結している中堅中小企業への採用を促すことがポイント		

注：PF…プラットフォーム
※　食品・医薬品・化粧品

世界の競合企業は工場のデジタル化を進めることで生産性を大きく向上させており、日本の製造業企業も対応が迫られている。このような状況のなか、工場 IT システム需要が高まっており、MES も重要な位置づけにある。
ディスクリート系にて使い易い MES と、プロセス系の中堅中小企業が導入可能な安価な MES の 2 つが市場に求められている。
尚、パッケージのライブラリ充実化とは、ソフトウェアのメニューをライブラリ化して顧客のニーズにマッチしたものを迅速に提供できる状態を整えることである。

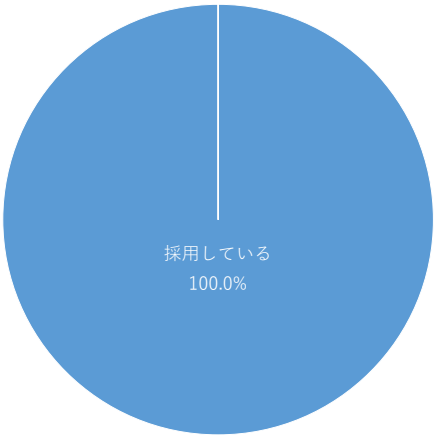
Ⅱ．ユーザー事例集計編

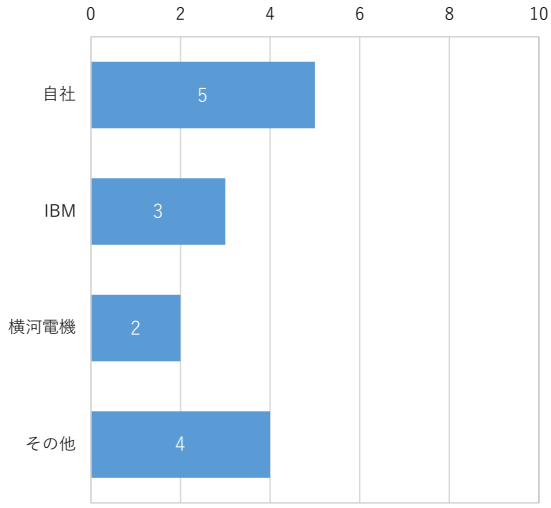
1.　MES 採用状況

本調査に於いては、10 社中 10 社と全ての企業が既に MES を採用しているとの結果になった。
A 社では未採用の工場・工程もあるが、順次採用を進めていく方向性となっている。

2.　MES 採用ベンダー

自社にて MES を内製しているケースが多い。
半導体、化学業界では 2 社中 2 社共に同じ外部ベンダーのシステムの採用がみられた。半導体メーカーでは IBM、化学メーカーでは横河電機（Oslsoft のヒストリアンとの組合せ）が採用されている。J 社では IBM の Maximo（保全ソリューション）も採用している。



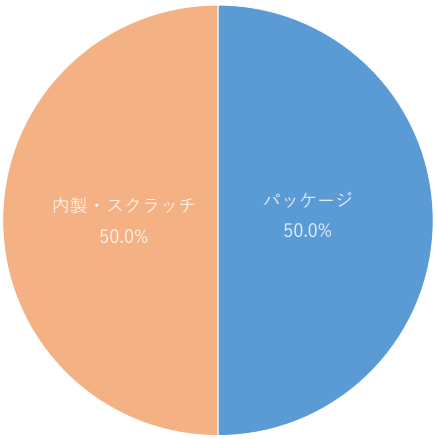


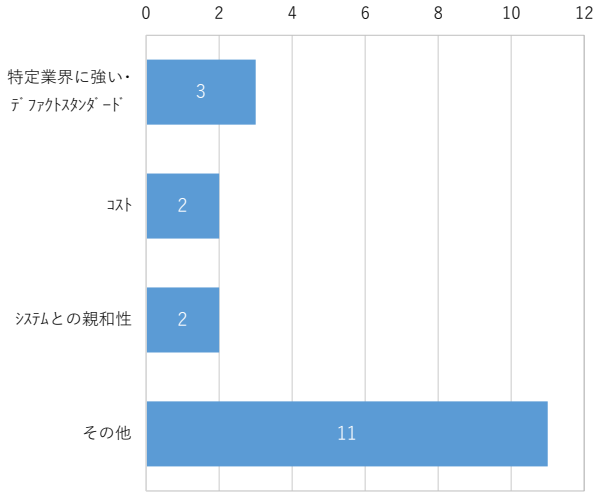
3.　MES ソフトウエア形態

パッケージと内製・スクラッチの採用が半々となっている。
パッケージを採用している５社のうち、何らかのカスタマイズを実施している企業は３社である。
カスタマイズ内容は各社様々であり、下記の内容が挙げられている。
搬送効率化、着工ミス防止機能、ウエハ移載自動化、進行オペレーション・判断の自動化各システムとの連携

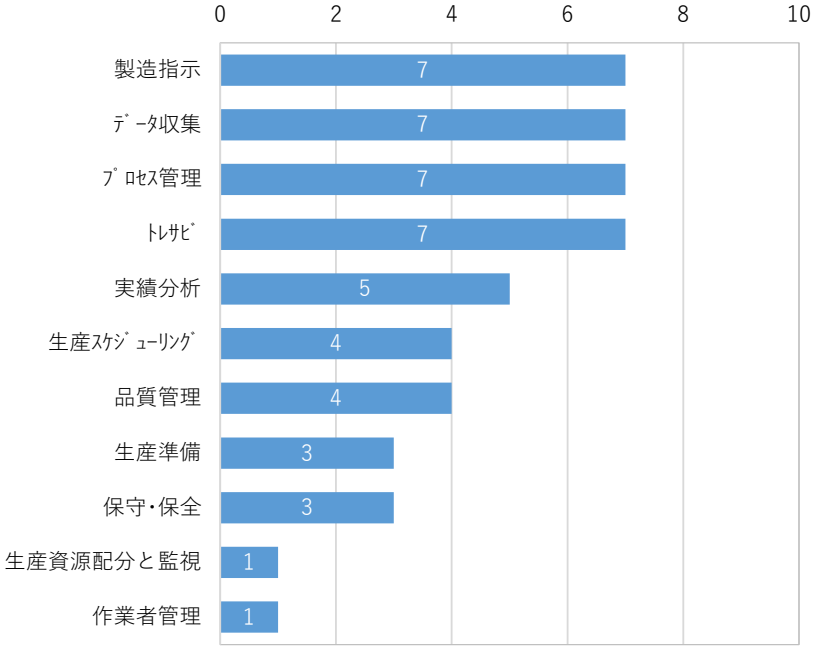
4.　MES の選定要件

MES の選定要件としては様々な項目が挙げられているが、特定業界に強い、もしくは業界内でデファクトスタンダードであることが最も多く、半導体、化学メーカーに於いて聞かれた。
コストとの回答は MES を内製している企業のものであり、システムを内製することで費用を抑えている。また、A 社は自前主義であり、製造系 IT システムも「手の内化」し、社内に技術・ノウハウを蓄積している。
ERP 等既存のシステムとの親和性も重視されている。



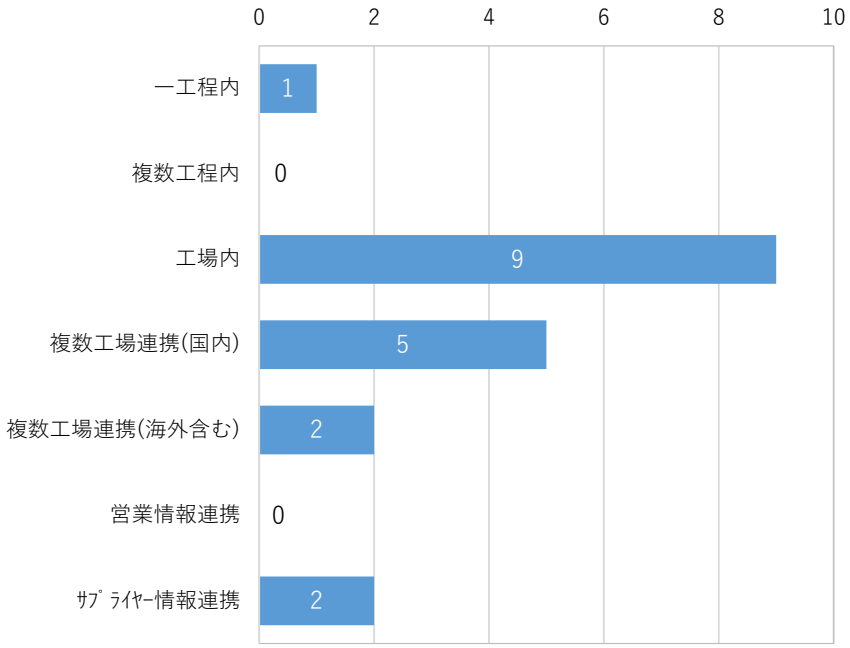


5.　MES の機能



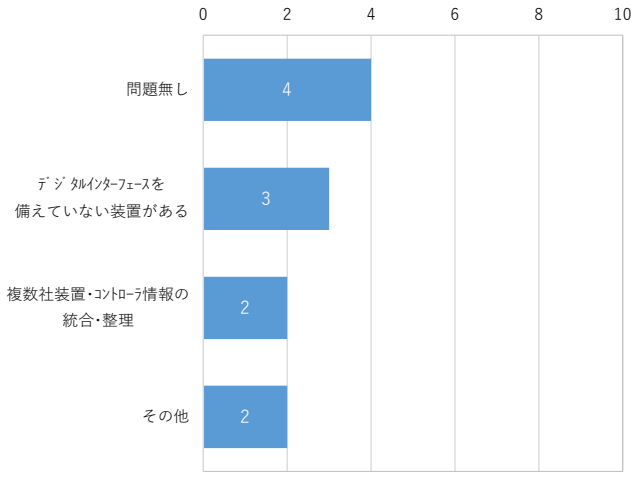
MES が有する機能としては、製造指示、データ収集、プロセス管理、トレサビを過半数の企業が挙げている。
製造指示は半導体製造、三品、化学業界中心に回答している。
生産資源配分と監視、作業者管理を挙げた企業は 1 社のみであった。ERP 等の他ソフトにて活用しているとみられる。
保守・保全の取り組みは各企業で進められているが、MES とは別系統のシステムになっているケースが多い。

6.　情報収集範囲



工場内よりも広範囲に情報収集しているとの回答は複数回答ありとした。
10 社中 9 社の企業が工程の枠を超えて工場全体で情報収集している。一工程内での情報収集に留まっているのは 1 社のみであった。
さらに国内の複数工場のデータを連携させている企業も 5 社みられる。
海外工場との連携、サプライヤー連携は一部に留まっている。
各社は今後、データ収集範囲を拡大させる方向性にあり、複数工場連携、サプライヤー連携が進んでいくと想定される。
一方、営業情報連携については取り組み、関心があまりみられなかった。

7.　OT 情報取得課題

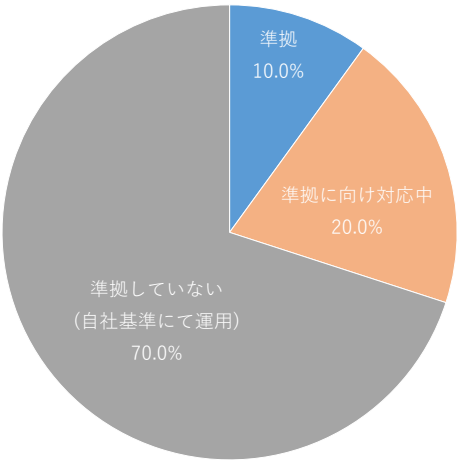


製造装置・コントローラからの情報取得について困難な点や課題を尋ねたところ、「問題無し」と回答した企業が 10 社中 4 社となった。
課題感のある企業では「古い設備の為デジタルインターフェースがない」「複数のメーカーの装置・コントローラを採用しておりデータ統一できない」という意見が聞かれた。デジタルインターフェースがない装置・コントローラについては配線を繋いでデータロガーで抽出、データ統一については ETL※等の変換ツール、OPC-UA（Open Platform Communications Unified Architecture）等を利用して対応している。

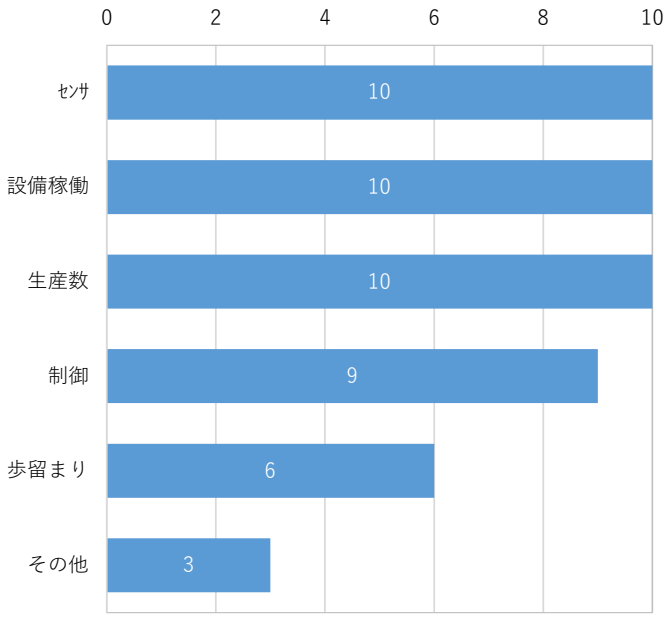
※：Extract/Transform/Load　ツール（異なる IT システム間の情報変換ツール）の略

8.　MES に関する国際規格（ISA95, ISO22400）への準拠状況

ISA95 や ISO22400 といった MES に関する国際規格に関しては、現状では C 社 1 社のみ準拠している状況である（海外拠点にて）。
準拠に向けて対応を進めている企業が 2 社（B 社、K 社）であるが、大半の企業は準拠していない。
国際規格への対応はあまり意識されていない。

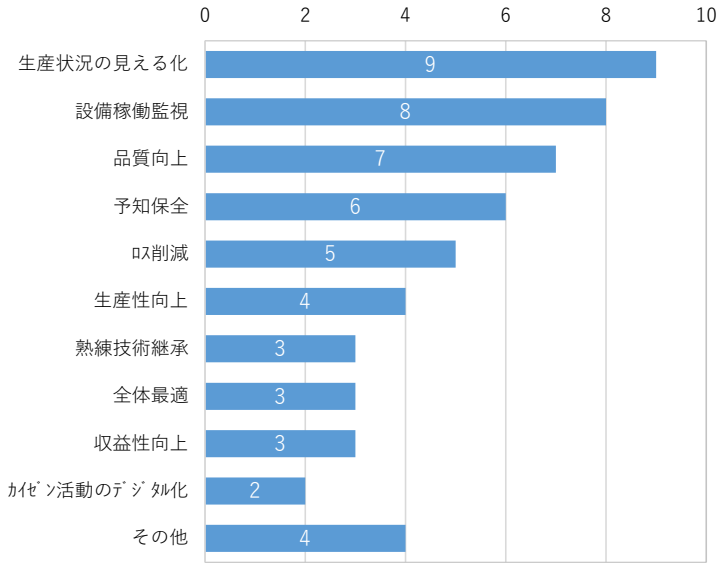


9.　収集データ



各社データ収集を積極的に進めており、センサ、設備稼働、生産数、制御については大半の企業がデータ収集している。
歩留まりについて収集している企業は 10 社中 6 社に留まっている。プロセス系製造では歩留まりという概念が浸透していない点も影響している。

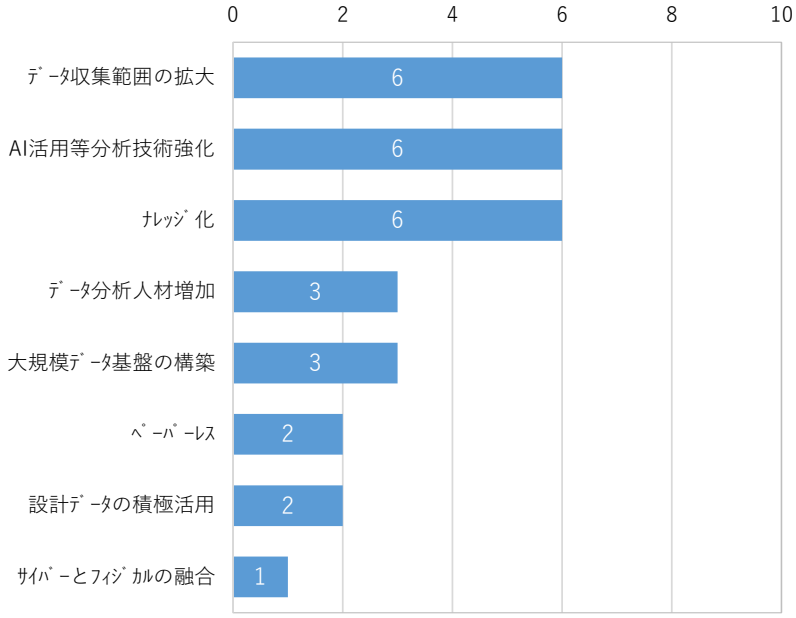
10. データ活用の狙い



各社、様々かつ複数の狙いを持ってデータ活用を進めている。
回答上位の生産状況の見える化、設備稼働監視については、IoT 絡みで手軽に取り組むことができる為、多くの企業が挙げているとみられる。

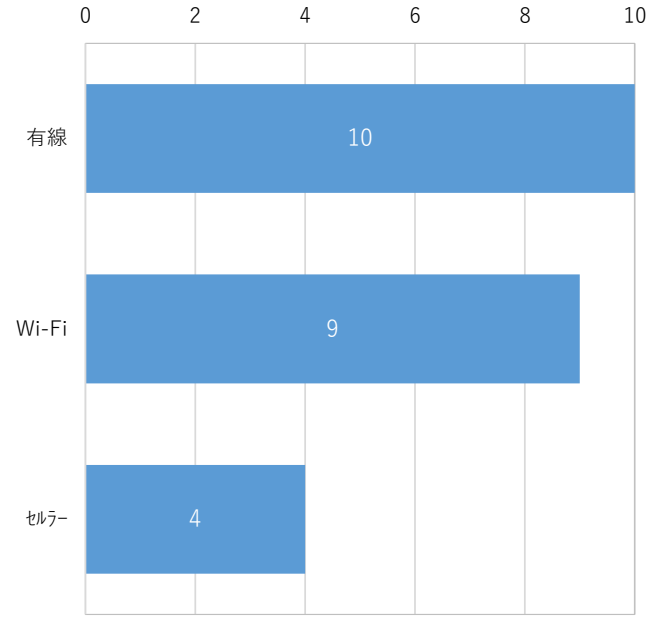
品質向上については製造業における現場カイゼンの根幹的なテーマであり、データ活用によりさらなる品質向上が期待されている。

11. データ活用の方向性



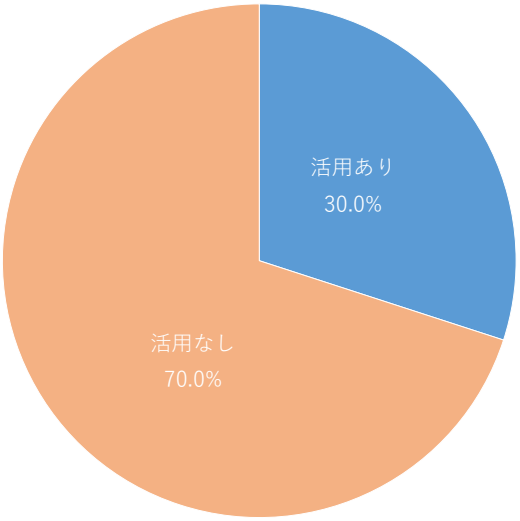
「データ収集範囲の拡大」については、複数工場連携やサプライヤー情報連携等により従来以上の広範囲データ収集を目指す方向性がみられる。　「AI 活用等分析技術強化」では現在は閾値処理が多いが、今後は AI を活用したデータ分析が進むことが想定される。　ナレッジ化は熟練技術をデジタル化して技術継承・育成に活用しようとする方向性がみられ、今後加速していくと予想される。

12. 通信接続形態



大半の企業は有線をベースに Wi-FI を併用している状況である。　セルラーの採用は 10 社中 4 社に留まっているが、高信頼性かつ低遅延のローカル 5G に関心を持っている企業もあり、今後セルラーの採用が増える可能性がある。　尚、５G 移行を前提にセルラーシステムを構築している場合、５G へスムーズに移行可能である。

13. クラウド活用状況



クラウドは現状は 4 割の企業で活用されている。
活用されていない企業において、クラウド活用そのものが禁止されている企業は 1 社のみ（セキュリティ性を懸念）であるが、現場での使い勝手、応答性からオンプレミスが志向されている。

「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態を指す。

Ⅲ. ユーザー事例編

1. A 社

(1) 企業情報

企業名	A 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	本社　生産技術部
所在地	
生産品目	モータ、カーエアコン、半導体等

A 社の生産技術部門にヒアリングした。国内の複数工場に関与しており、国内工場全体を対象とした回答となる。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	自社にてスクラッチ開発している

同社では FA 関連の IT システムの内製化を進めており、MES に関しても内製している。現在、進めている A 社の生産戦略活動の一環である。
自社にて要件定義を行い開発し、年々レベルアップを図っている。
現状では全工場への導入には至っておらず、順次導入を進めている段階にある。半導体の前工程では導入されているが、後工程では未導入といった例もみられる等、工場や工程によって差がみられる。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	自社
採用システム概要	使い勝手やシステムの拡張性等を考慮した内製のシステム
選定要件	手の内化
機能	データ収集、製品品質管理、プロセス管理、設備の保守・保全管理、実績分析
情報活用実態	製造情報収集・管理のみ
製造指示実態・展望	製造指示していない。MES の導入時期が遅かったことから、ERP による製造指示が確立している為
情報連携範囲	世界の全工場と連携（IoT プラットフォームをベースに連携）
OT 情報取得課題	ETL にて変換しており、課題は無い
国際規格準拠状況	現時点では準拠していない

外部ベンダーのパッケージソフトの PoC（Proof of Concept。概念実証）にも取り組んだことはあるが、使い勝手が悪く、アップデートの度にベンダーに依頼するのが面倒であった。低コスト化、時間削減を志向しているのに、そこで手間が掛かってしまうと、本末転倒である。同じ工数を掛けるのであれば自社で開発可能であると判断し、現在は内製している。
データ収集、製品品質管理、プロセス管理、設備の保守・保全管理、実績分析の 5 機能を MES にて担っている。それ以外は別ソフトにて実施している。MES の導入が進んだのは近年であり、ERP 等の他システムが主導権を握っている機能も多い。又、頻繁なスケジュール変更等により工数も掛かるため、MES からの製造指示にてカバーすることは現実的ではないとしている。

情報連携はMESではなく、内製のIoTプラットフォームによりグループ全工場を繋ぐ形で取り組んでいる。

※ Extract/Transform/Load　ツール（異なるITシステム間の情報変換ツール）の略

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用	活用	活用

現場のあらゆるデータが収集されている。
センサ、製造装置だけでなく、AGV等の搬送設備、ワーカー情報等も収集している。

【データ活用目的】
データ活用の狙い　：　全工場の見える化。カイゼン活動の加速
方向性　：　生産性改善アプリを開発し、グループ及びサプライヤーにも展開することで生産性を高める

現状のデータ活用範囲は自社・自社グループ内に留まっているが、今後、収集データを基に生産性改善アプリを開発し、自社・自社グループのみでなくサプライヤーにも展開することで更なる生産性向上を目指す。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	

クラウドとオンプレミスを併用

接続形態は有線が中心となっている。Wi-Fiによる無線接続は一部であるが、タブレット、ウエアラブル端末等に活用されている。
2019年よりグループ会社にてローカル5Gの実証実験を行っており、検証を経て将来的に本格導入の可能性を模索していく方向性にある。
工場のデータは各拠点のサーバーに保存された後、クラウド上のIoTプラットフォームに吸い上げている。現場ではオンプレミスが使い慣れているため、クラウドとオンプレミスを併用している。

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
　　「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

2. B 社

(1) 企業情報

企業名	B 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	工場　生産統括部
所在地	
生産品目	トランスミッション

トランスミッションのマザー工場である工場の生産、技術の統括部門にヒアリングした。
中国、米国にもトランスミッションの工場を有しており、各拠点への技術指導等も行っている。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	工場毎に異なるパッケージソフトを採用している

外部ベンダーのパッケージソフトを購入している。各工場が最適なソフトを判断してベンダーを決定している。
同工場では IoT プラットフォームは採用されておらず、MES をデータ収集基盤と位置付けている。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	ベンダー：Dassault Systemes、Rockwell Automation、SI：Dassault Systemes、SCSK
採用システム概要	外部ベンダーのパッケージソフト
選定要件	使い勝手、各工場のシステムとの親和性
機能	データ収集、作業者管理、製品品質管理、プロセス管理、設備の保守・保全管理、
情報活用実態	製品の追跡と製品体系の管理、実績分析
製造指示実態・展望	情報収集・管理のみ
情報連携範囲	製造指示していない。細かい調整が多い為
OT 情報取得課題	一工程内の情報収集。複数工程、複数工場との連携には至っていない
国際規格準拠状況	重視しており、今後対応させていく

工場の独立意識が強く、各工場がそれぞれの現場に適したベンダーのパッケージソフトを独自に採用している。
MES のベンダーは主に Dassault Systemes、Rockwell Automation の 2 社に集約される。

MES の 11 機能については、主に MES と ERP による分業体制となっている。しかし、少なくとも同工場においては MES と ERP が繋がっておらず、連携が出来ていないことが課題となっている。

製造指示は ERP にて行っており、人が手作業で現場に落とし込んでいく形を取っている。工程がパラレルになっている等、複雑であり、スケジュール変更も多い為、現場サイドでの細かい調整が多いことが影響している。

情報連携範囲については現時点では一工程内に留まっている。一方、エリア単位で互いの工場データの閲覧を始めており、将来的には複数工場での情報連携を目指している。1 工場内での PLC は保全

の面から統一しているが、異なる設備のデータテーブルがバラバラであり、統一できていないことが課題である。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用	活用	

従来から現場主体でデータ収集を行っており、多くの工程でデータ活用の取り組みが進んでいる。
これらのデータ収集・活用の主な目的としては品質高位安定化、熟練技術の継承を挙げている。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	品質向上、生産状況の見える化、熟練技術継承
方向性	データ収集範囲の拡大、ナレッジ化

品質を第一としており、データ活用の狙いとしても品質向上（品質高位安定化）を挙げている。
近年はデータ活用による作業標準化・自動化、作業訓練の導入を進めている。
将来的には複数工場のデータを繋げて、ある工場の成功事例を他の工場にも横展開するようなことも想定している。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	

工場内における通信は有線が主流である。防災用無線との兼ね合いから基本的に無線の活用は推奨されていない。一部ではタブレット等で 2.4GHz 帯の無線を活用するケースもみられる。
生産データの蓄積・管理はクラウドではなく、オンプレミスにて行っている。過去にサイバー攻撃を受けた経緯から、社内規定により FA 系のクラウド活用が禁止されている。

現状はクラウドを活用していない

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
　　「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

3. C 社

(1) 企業情報

企業名	C 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	生産企画部門
所在地	
生産品目	PC、カーナビゲーション等

C 社内の生産企画部門にヒアリングした。
C 社は事業部毎に MES 等のシステムを独自選定する為、生産企画部門が関与する範囲内での回答となる。
幾つかの製品（事業部）に関与しているが、カーナビゲーション等のセット機器についてヒアリングした。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	自社にてスクラッチ開発している

MES と IoT プラットフォームを組み合わせることで製造現場の IT 化を進めている。それぞれで収集データの粒度が異なる為、併用するケースが多い。組立工程では、IoT プラットフォームのみを採用するケースもある。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	自社（生産企画部門が事業部の工場向けにインプリメント）
採用システム概要	生産企画部門にて開発してパッケージ化している。工場の要件に応じてカスタマイズする
選定要件	コスト
機能	材料管理、スケジューリング、製造監視（製造データ収集）、品質管理（トレサビ）が基本機能。
情報活用実態	製造情報収集・管理のみ
製造指示実態・展望	製造指示していない。工程が煩雑。スケジュール変更頻度が高い為
情報連携範囲	複数工場と連携しており、中国の一部ではサプライヤとも連携している（MES のみで情報連携している訳ではない）
OT 情報取得課題	ETL にて変換しており、課題は無い
国際規格準拠状況	日本では ISA95 に準拠していない。海外拠点では準拠しているケースがある（現地人がイニシアティブを握っている拠点）

生産企画部門は C 社の工場をスマート化する為の組織である。生産企画部門から提案を受け、事業部がスマート化を進める。生産企画部門ではスマート化を進める為のソフトウェアやツールを開発し、事業部に提案している。事業部から見ると、生産企画部門も外部の IT SIer も同列であり、生産企画部門が安価で高機能な製品を提供しない限り、採用することは無い。

MES は情報収集・管理機能を担う位置づけとなる。MES から製造指示することは無い。先入れ先出しや、スケジュール変更等を MES からの製造指示にてカバーすると工数が多くなり、人が対応した方が早いと判断している。将来的に工場から正社員が居なくなるような状況となれば、全てを MES の

ような上位システムでコントロールする必要が生じるが、現状では、そこまでワーカーレベル・スキルは低くない。

情報粒度はIoTプラットフォームの方が細かく、より製造現場に近い情報はIoTプラットフォームにて収集する方向にある。
設備保守・保全管理は別ソフトにて実施している。

ISA95については、ソフトウェア等を外販する場合は定義づけした方が分かり易いが、自社内でシステム構築する場合、意識する必要性は低いと見ている。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用	活用	

一通りの情報は収集している。
装置の稼働状況（センサ情報含む)、人手作業の進捗情報、品質情報等を収集・管理している。
これらの情報を収集する主な目的は、進捗管理である。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	収益性向上、ロス削減、設備稼働監視、熟練技術継承、全体最適
方向性	データ収集範囲の拡大、ナレッジ化

どこに投資すれば効率良く投資効果を最大限にカイゼンできるかを常に念頭に置いている。
方向性に挙げられているデータ収集範囲の拡大とは、自社だけでなくサプライヤー情報連携も含まれている。ロス削減、全体最適については特にサプライチェーン改革によるカイゼンの余地が大きいとみている。また、ナレッジのデジタル化による熟練技術継承にも取り組んでいく方向性である。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	活用

拠点毎に有線、Wi-Fi、セルラーを、有線LAN整備状況等に応じて使い分けている。
サイバーセキュリティ対策を積極的に進めており、いずれの接続形態でも問題無い。
現状では各拠点のサーバに余裕がある為、オンプレミスにてデータ保存している。
クラウドは、現在、利用していないが、セキュリティ懸念が要因ではない。高コストとなる点が理由である。

現状はクラウドを活用していない。

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

4. D社

(1) 企業情報

企業名	D社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	技術戦略課
所在地	
生産品目	電子機器等

D社工場の技術戦略担当者にヒアリングした。
同工場はD社グループにおけるマザー工場の位置づけにある。

(2) 製造実行システムのIT化実態

MES採用実態	採用している
概要	自社にてスクラッチ開発している

従来より自社開発のMESを採用している。
近年はデータ収集、設備監視等を目的としてIoTプラットフォームを軸とした製造現場のIT化が進んでいる。
MESはサブ的な位置づけにあるが、システムが古くなっており、改善が求められている。

(3) 採用MESシステム実態

採用ベンダー、SI	自社
採用システム概要	自社専用に作り込んだ独自のシステム
選定要件	コスト、上位システムや現場との親和性
機能	差立て・製造指示、プロセス管理、製品の追跡と製品体系の管理、実績分析
情報活用実態	製造情報収集・管理から製造指示まで
製造指示実態・展望	今後もMESにて製造指示を行う
情報連携範囲	海外も含め、複数工場と連携している
OT情報取得課題	データフォーマットの共通化、データ収集用PLC等によりデータ統一は進んでいるが、データ欠損が課題
国際規格準拠状況	未対応。新たなMESの開発に当たっては考慮する

同社ではこれまで多くの生産設備を内製しており、MESに関しても内製にて対応している。
ERPや現場との連携が不十分な部分があることから、上位システムや現場と上手くリンクできるよう、MESのバージョンアップを求める声が出てきている。

MES単体が担うのは上表の機能である。これら以外にも専用ソフト、システムを採用している。エクセル等手作業で管理している部分もある。

OT情報取得においては、データフォーマットを共通化させるために専用のソフトウエアを採用している。また、異なるPLCのデータを統一するためにデータ収集用PLCを別途設けるケースもある。
一方でIoT対応していない古い設備や海外のインフラの脆弱性によりデータ欠損が発生しており、課題となっている。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用	活用	

設備の予兆保全、品質向上を目的として、様々なデータが収集されている。
長年、自動化を図る過程で IoT の取り組みも同時並行で進めてきた結果である。
これらのデータ収集は IoT プラットフォームをベースとして実施されている。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	品質向上、生産状況の見える化、設備稼働監視、予知保全、KPI 設定
方向性	ナレッジ化、設計データの積極活用

これまでのデータ活用はカイゼン活動の指標・KPI の設定、海外工場の見える化等を目的に行われてきた。データを基に話すことで、海外工場の理解度も高まっている。ナレッジ化は人手作業を見える化することにより進められている。設計データの積極活用については、3D データの全工程での活用とそれを元にした CAE、VPS（仮想生産シミュレータ）等を積極的に活用していくことを目指している。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	活用

接続形態としては、有線を主体に Wi-Fi、セルラーといった無線が使われるケースもある。
国内工場と中国工場はオンプレミス、タイ工場はクラウドと、エリアによって使い分けがなされている。
本社サイドはオールクラウドを目指しているが、現場は通信遅延や使い勝手の観点からオンプレミスを好む傾向にある。

エリア別にクラウドとオンプレミスを使い分けている

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

5. E 社

(1) 企業情報

企業名	E 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	工場長
所在地	
生産品目	半導体集積回路

同社は、半導体前工程製造事業を担っている。主力工場の 300 ㎜ラインを対象として回答を得た。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	300mm ライン構築当初より、IBM SIView を採用している

300mm ウェーハ製造ラインのデファクトスタンダードである IBM の SIView を採用している。
主要工場に 300mm ラインを構築した際、MES を内製することも検討したが、工数と機能を考慮した結果、SIView の採用となった。
MES が製造情報の中心的位置付けにあり、FDC (Fault Detection Classification) 情報等を MES に集約している。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	採用ベンダー：IBM、SI：IBM
採用システム概要	カスタマイズあり（搬送効率化、着工ミス防止機能、ウエハ移載自動化など）
選定要件	業界のデファクトスタンダード
機能	生産スケジューリング、製造指示、データ収集
情報活用実態	製造情報収集・管理から製造指示まで
製造指示実態・展望	全ての装置に指示している
情報連携範囲	工場内
OT 情報取得課題	SEMI の規格に準拠しており問題無し
国際規格準拠状況	準拠していない

SIView は、標準品をそのまま採用したわけではなく、搬送効率化、着工ミス防止機能、ウエハ移載自動化などについてカスタマイズを施した。 搬送周りを効率化することで生産性を向上し、着工時のミスを減らすことで歩留まりを上げることが狙いである。変種変量対応でもある。
SEMI 規格にて製造装置から上位システムまで通信規格が定められており、情報取得に問題は無い。
又、主要工場の 300mm ライン構築時に、装置メーカーに EES (Equipment Engineering System)に準拠した装置の納入を要求した為、FDC へのデータ出力についても変換工数は少ない（一部、EES 対応に応じない製造装置メーカーの装置があった)。
E 社の AI ツールと FDC を利用して予兆保全システムを構築している。FDC は MES と接続している。
AI ツールを製造装置に取り付けることで装置側で通常と異なる状態を検知可能であり、検知した信号を FDC にて受ける。

注：EES (Equipment Engineering System)は、半導体製造業界において製造装置有効稼働率の改善を目的とした装置エンジニアリング機能

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用	活用	

同社は装置の詳細な情報をセンサより取得する EES (Equipment Engineering System)の取り組みに2000 年代から積極的である。現在、EES にて構築した FDC と、自社製品であるエッジ完結 AI ツールを連携させた予兆保全システムを運用している。生産リードタイムを 2/3 に短縮させるなど、目に見える効果が出ている。
AI ツールからのデータは FDC サーバにて収集している。

注：EES (Equipment Engineering System)は、半導体製造業界において製造装置有効稼働率の改善を目的とした装置エンジニアリング機能

【データ活用目的】

データ活用の狙い	品質向上、生産状況の見える化、ロス削減、設備稼働監視、予知保全、生産性向上、全体最適、人件費削減、収益性向上、カイゼン活動のデジタル化、変種変量生産対応
方向性	データ収集範囲の拡大、AI 活用等分析技術強化、ペーパーレス化、データ分析人材増加、大規模データ基盤の構築、ナレッジ化、設計データの積極活用

データ活用目的は多岐に渡るが、製造に直接関わるデータは MES にて、予兆保全等に関わるデータは FDC にて収集している。
今後は AI 活用範囲を広げる考えにある。他工場への展開や、主力工場内の情報収集量を増加させること等を検討している。
尚、設計データは半導体回路を形成するレイヤーごとの回路パターンと製造条件の最適化や、完成品で発生した不良・不具合発生個所の特定等に活用している。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	

有線を基本に一部、Wi-Fi も利用している。後付けのエッジ AI ツールの通信等に Wi-Fi を活用している。
セルラーに関心は持っている程度。導入に向けた具体的な動きは取っていない。

現状はクラウドを活用していない

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

6. F 社

(1) 企業情報

企業名	F 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	工場
所在地	
生産品目	半導体（Analog, CMOS, CIS, RFCMOS/SOI）

合弁会社として 2010 年代に発足した。
工場は 300mm ウェーハラインを持ち、デザインルール 65nm と 45nm にて製造している。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	IBM SIView を採用している

工場の 300mm ラインは 2005 年に立ち上がった。当時のデファクトスタンダードである SIView を採用している。
MES が製造情報の中心的位置付けにあり、FDC （Fault Detection Classification）情報等を MES に集約している。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	採用ベンダー：IBM、SI：IBM
採用システム概要	カスタマイズあり（進行オペレーション・判断の自動化）
選定要件	業界のデファクトスタンダード、シェアが高い、サポート面
機能	製造指示、データ収集、プロセス管理、トレサビ
情報活用実態	製造情報収集・管理から製造指示、トレサビ
製造指示実態・展望	全ての装置に指示している
情報連携範囲	工場内、国内複数工場連携
OT 情報取得課題	SEMI 規格に準拠しており問題無し。
国際規格準拠状況	装置稼働情報は製造装置メーカー毎に出力が異なる為、自社にて変換ツールを作成した

カスタマイズした IBM の SIView を採用している。カスタマイズ内容である進行オペレーション・判断の自動化は、進行中のプロセスを自動判断・制限する機能であり、例えば、 A 品種を作る際の特有の工程が枚数を分けて処理するような場合、自動分岐する等に用いている。
工場建設当時、SEMI 規格に対応出来ていた MES ベンダーが 2～3 社あり、その内、シェアが高く、日本に代理店がある IBM を選定した。機能面の不満はないが、何か変更する度に IBM に頼らざるを得ず、1 つ 1 つのカイゼンが高額になる点が不満である。

MES ではプロセス進捗に関わる情報を収集しており、製造指示、トレーサビリティ等を担っている。
製造指示、OT 情報収集については SEMI 規格に準じており、スムーズにシステム構築出来た。
FDC にて収集する装置稼働情報を出力する波形は製造装置メーカー毎に微妙に出力方式が異なる為、自社にて出力方法を揃えるツールを開発した。

国内の他の工場とも生産情報、稼働率といった情報を連携している。ウェーハサイズが異なる為、詳細情報の共有メリットが低い為、ロット単位の生産情報等は共有していない。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他（品質）
活用	活用	活用	活用	活用	活用

MES にはプロセスの進捗状況を把握する為のデータを収集している。制御、設備稼働、生産数、歩留まり等。これらを踏まえ、生産予測を作成している。
製造装置に設置しているセンサ情報は FDC （Fault Detection Classification）サーバにて収集している。FDC は MES とデータ粒度が異なる為、MES よりも高速処理可能な DB を選択している。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	品質向上、生産状況の見える化、ロス削減、設備稼働監視、予知保全、生産性向上、全体最適、収益性向上、変種変量生産対応
方向性	AI 活用等分析技術強化、大規模データ基盤の構築

生産情報はプロセス管理以外にも、経営層に見せる為の情報と顧客に見せる為の情報（進捗確認）という形で出力している。これらは MES にて管理している。
AI 活用とデータ基盤の拡大は FDC 向けに検討している。FDC データは MES と接続している。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用		

通信環境は昔ながらの有線、オンプレミスである。経営状況が厳しいこともあり、通信関連に新たな投資は考えていない。

情報漏洩懸念よりクラウドは活用していない

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

7. G 社

(1) 企業情報

企業名	G 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	生産技術部
所在地	
生産品目	調味料、ドレッシング、サラダ等

同社の研究開発拠点内にある生産技術部門の担当者にヒアリングした。
本社寄りの生産技術部門の位置づけにある。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	自社にてスクラッチ開発している

同社は平成 1 年より MES を導入している。材料投入ミスを防ぐことを目的に自社開発された生産管理システムに MES 機能を追加する形で開発した。自社生産管理システムは MES と生産管理システムの両方の機能を持っている。
同社にとって品質管理の根幹は原材料管理である。調味料等のプロセス系製品の工場から導入が始まり、総菜等のディスクリート系製品の工場にも生産管理システムを導入している。各工場の要件に合わせてカスタマイズしてきたが、現在、標準化を進めている。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	ベンダー：内製、SI：自社グループ企業
採用システム概要	グループ各社のシステムとの統合、業務改善指示の面でカスタマイズを加えた内製のシステム
選定要件	システム不具合が起きにくい、現場の要件をうまく呑み込める、不要な機能が無い、誰でも使いこなせる
機能	生産スケジューリング、製造指示、プロセス管理（生産準備、トレサビ、実績分析等を含む）
情報活用実態	製造情報収集・管理から製造指示まで
製造指示実態・展望	一部の装置のみ指示している（全体の 50%未満）
情報連携範囲	工場内、複数工場連携（国内）、サプライヤー情報連携
OT 情報取得課題	複数社装置・コントローラ情報の統合・管理、デジタルインターフェースを備えていない装置がある
国際規格準拠状況	ISA95、ISO22400 共に準拠していない

MES の SI を担当したベンダーは G 社のグループ企業であり、グループ企業の情報システム構築・運用に加え、工場の IT システムも担当している。社外にも食品業界のユーザーへカスタム製品を提供している。
MES 機能に加え、生産管理システムは生産資源配分と監視、生産準備、トレサビ、実績分析等の他、計量ミスを防止する原料小分けシステム、賞味期限切れ・異種原料の投入ミスを防止する配合事故未然防止システムも内包している。原料管理については QR コードを用いて、システムと連携させている。
保守・保全は別系統のシステムとなっており、PLC、センサ経由で設備情報を取り込み、設備稼働監視を行うほか、予知保全の取り組みも開始している。

MES が製造指示を出しているのは、上流の配合工程が中心となっている。配合は一番課題が多い工程であり、G 社では設備が統一されている。
充填、包装等の下流工程については製造指示が体系化されておらず、現場サイドで直接指示する形となっている。現場ではバッチ単位で製造基準値、工程マスター情報（機械の設定情報等）を追加登録している。

複数工程、複数工場、サプライヤー情報連携等、広範囲での情報連携が進んでいる。複数工場連携では原料を工場間でやり取りしており、生産管理システムで受入情報を管理している。サプライヤー情報連携では当面必要な原料の必要量をサプライヤーに提示する現資材変動表を導入している。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他（原料）
活用		活用	活用		活用

MES と関連システムにて多くのデータを収集・活用している。
「その他」は原料情報である。原料の検査には AI も活用している。オープンソースの TensorFlow をベースに Google の AI プラットフォームを活用しつつ、複数の外部企業と協力して AI システムを構築した。ベビーフードで使用する冷凍の角切りポテトや角切りニンジンの検査等に活用されている。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	品質向上、生産状況の見える化、ロス削減、設備稼働監視、予知保全、生産性向上
方向性	データ収集範囲の拡大、AI 活用等分析技術強化、ペーパーレス化

品質向上が IT システム導入の大きな目的である。又、原料ロスや充填量のバラつきを抑えることで原料ロス削減を目指している。
MES、生産管理システムだけでなく、設備予兆管理システム、勤怠管理システム、R&D サイド等のデータを繋げて知見を集約したいと考えている。
AI は既に原料検査にて活用しており、さまざまな原料への対応、検査精度の向上、野菜の中にいる虫を見つける技術などが課題として挙げられている。加えて、需要予測や OCR への活用も検討されている。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	

工場では有線を主体に活用している。無線も積極的に活用しており、ハンディターミナルによる抜き取り検査結果の自動入力等に利用されている。
ローカル 5G についても関心を持っている。今の Wi-Fi は信頼性という点では低いが、低遅延で有線と同等の信頼性が担保できれば、設備のフレキシブル性、レイアウトの柔軟性が高まると期待している。設備のインターロック信号をローカル 5G を用いて出すようなことも想定している。
クラウドは現状では利用していないが、禁止されている訳ではなく、将来的には部分的に活用する

方向性にある。経済産業省の事業にてクラウドを活用した製造ライン改善のプロジェクトを実施している。

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

8. H社

(1) 企業情報

企業名	H社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	生産技術部門
所在地	
生産品目	各種化粧品

本社の生産技術部門の担当者にヒアリングした。
生産技術部門では全社的な製造系ITシステムの選定・導入、IoT、データ活用等の取り組みについて主導している。

(2) 製造実行システムのIT化実態

MES採用実態	採用している
概要	自社にてスクラッチ開発している

2010年頃にMESを内製し、現在に至っている。 現状のシステムでは機能拡張に限界を感じており、パッケージ品の導入を検討している。
現状のシステムはERPとMES、双方の機能にまたがるものであり、新たにパッケージ品を導入する場合、ERPとMESの両方を導入することになると見ている。
MESについては、拡張性に優れ、複数の機能に対応した製品が望ましいと考えている。2023年頃の導入を予定している。
MESとDCSがデータ収集の中心となる。

(3) 採用MESシステム実態

採用ベンダー、SI	採用ベンダー：内製、SI：不明
採用システム概要	ERPとMESの一部の機能を合わせた内製のシステム
選定要件	自社の現場のオペレーションにマッチしていること、拡張性、複数の機能に対応
機能	生産スケジューリング、生産準備、製造指示、トレサビ
情報活用実態	DCS経由で情報活用している
製造指示実態・展望	製造指示のみ
情報連携範囲	工場内
OT情報取得課題	デジタルインターフェースを備えていない装置がある
国際規格準拠状況	準拠していない

MESは社内で標準化されており、工場毎のカスタマイズはない。MES以外のソフトウェアは工場毎に独自に選定している。

緊急時のスケジュール割り込みは自動化されておらず、マニュアルにて対応している。比較的何でも出来る MES であるが、専用のスケジューラと比較すると痒いところに手が届かないとのイメージを持っている。

工場内には古い設備も多く、OT 情報取得において苦慮している。PLC が接続されていない古い装置は配線からデータを吸い上げて数値化する等、工夫している。また、PLC があってもブラックボックス化されている場合は、メーカーに依頼してデータを取り出してもらっている。
現在、MES の更新に向けてベンダーを選定・情報収集中であるが、全ての機能に対応している製品はおそらく無く、ベンダーによって得手不得手があるとみている。MES 以外のシステムで行った方が良い場合もあるため、MES、ERP、スケジューラー等を組み合わせ、最も効率的に対応できるシステムを構築したいと考えている。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用		

主に DCS を介して MES/ERP にデータが吸い上げられている。比較的新しい工場においてデータ収集・活用の取り組みが先行している。
将来的にはある工場をモデル工場として、国内の他工場や海外工場にも展開したいと考えている。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	品質向上、生産状況の見える化、ロス削減、設備稼働監視、生産性向上、作業効率向上
方向性	データ収集範囲の拡大、ナレッジ化

インバウンド需要等、増大する需要に対応することが急務であったこともあり、データ活用に対する取り組みは遅れている。ようやく腰を据えて取り組むことができるようになったとしている。まずは幅広いデータ収集を行なうことが重要として、DCS では対応出来ていない領域のデータ収集に対して、IoT プラットフォームを採用することも検討している。また、乳液の攪拌等、熟練作業者のノウハウをデジタル化して技術継承・育成に繋げることを目指している。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	活用

有線をベースに活用している。無線はタブレット等によるデータ閲覧、作業指示にて活用している。
クラウド活用は社内的に禁止されている訳ではないが、データを読み出すのに時間が掛かるイメージを持っており、時間に余裕の無い現場では使い勝手が悪いとして、製造情報はオンプレミスにてデータ蓄積・管理している。

現状クラウドは活用していない
注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

9. J社

(1) 企業情報

企業名	J社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	本社　生産戦略部門
所在地	
生産品目	各種樹脂製品・化学品

全社工場のデジタル化を推進しているDX部門の担当者から回答を得た。
デジタル化はトップダウンで推進されており、専任部署として2016年に生産戦略部門が設立された。2017年の「スーパー認定事業所制度」（IoT・ビッグデータの活用等新たな知見・手段等を活用し、高度な自主保安を実施する高圧ガス事業者）も化学業界におけるデジタル化の追い風としている。

(2) 製造実行システムのIT化実態

MES採用実態	採用している
概要	スクラッチ開発された外部ベンダー製品を採用している

自社用にカスタマイズされたMESを採用している。
国内工場全てにMESを導入済みであり、ベンダーも統一している。

(3) 採用MESシステム実態

採用ベンダー、SI	ベンダー：横河電機、OSlsoft、IBM、SI：横河ソリューションサービス、IBM
採用システム概要	各システムとのデータ連携面でカスタマイズされたシステム
選定要件	各システムとの親和性
機能	製造指示、品質管理、データ収集、プロセス管理、トレサビ、保守・保全
情報活用実態	製造指示のみ
製造指示実態・展望	製造指示している。今後も変更予定無し
情報連携範囲	工場内
OT情報取得課題	デジタルインターフェースを備えていない装置がある
国際規格準拠状況	準拠していない

横河電機のMESが製造指示と品質管理の機能を担っている。また、MESのヒストリアンとしてOSlsoft社のリアルタイム操業情報管理システム「Pi System」がデータ収集、プロセス管理、トレサビ、 IBMの設備保全ソリューション「IBM Maximo」が保守・保全の機能を担当している。
生産資源配分と監視、実績分析の機能はSAPのERPが担っている。MESにはヒストリアンを含め各システムとの連携が重要になるとして、カスタマイズが加えられている。

OT情報取得課題については、DCSが導入されている領域ではメーカーが横河電機、ハネウェル、アズビルであろうと、いずれもインターフェースがあるので問題無いが、PLC以下の階層では必ずしもインターフェースが整備されているわけではない点である。その場合は別途データロガーを用いてデータを吸い上げている。

情報連携範囲は工場内に留まっている。工場－本社間は ERP を通じて連携出来ているが、工場間連携は進んでいない。

国際規格については現時点では準拠していないが、今後海外プラントを含めたデータ・システム連携を考えると、考慮していく必要があると考えている。

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用		

温度、圧力、流量、濃度等の各種センサ情報は DCS が毎秒単位で収集し、さらに Pi System が 1 分周期で吸い上げている。
最近はソフトセンサと AI の組み合わせにより、センサだけでは把握することが難しいデータについても高精度予測を実現している。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	生産状況の見える化、設備稼働監視、予知保全、熟練技術継承（デジタル化）
方向性	AI 活用等分析技術強化、ナレッジ化

一番の狙いはプラントのオペレーション等、熟練技術のデジタル化である。現在、運転操作変更はオペレーターが手動、またはオペレーターの操作をルールベース化したシーケンス制御によって実施している。オペレーションに AI を活用する方向性で実証実験を進めている。
これにより運転技術が標準化、形式知化されれば、熟練オペレーター不足が解消されると期待している。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	活用

プラント内は有線が主体であり、補足的に Wi-FI 等の無線が利用されている。
クラウドは社内規定で禁止されている訳ではないが、生産情報は会社の宝であり命であるとの観点からオンプレで管理している。
将来的にはクラウド上でデータのリアルタイム解析、ログ解析を行う構想もあるが、社内の同意を得ることは一筋縄ではいかないとみている。

現状クラウドは活用していない。

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

10. K 社

(1) 企業情報

企業名	K 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	本社　生産戦略部門
所在地	
生産品目	各種樹脂・化学品

本社の DX 部門に該当する生産戦略部門の担当者にヒアリングを行った。
全社的に DX 推進を主導する部署であり、MES 等の製造系 IT システムについても精通している。

(2) 製造実行システムの IT 化実態

MES 採用実態	採用している
概要	外部のパッケージ品を導入している

MES については各工場単位で適したベンダーのパッケージを導入している。
MES を中心に DCS 等を組み合わせることで、粒度が高く大量のデータ収集・管理を実現している。

(3) 採用 MES システム実態

採用ベンダー、SI	採用ベンダー：横河電機、アズビル、日立製作所、Oslsoft：ヒストリアン
採用システム概要	SI：横河ソリューションサービス等
選定要件	工場によって異なるベンダーのパッケージを採用
機能	化学業界に強い
情報活用実態	製造指示、データ収集、プロセス管理、実績分析
製造指示実態・展望	製造情報収集・管理から製造指示まで
情報連携範囲	製造指示している
OT 情報取得課題	工場内
国際規格準拠状況	特に無し

各工場毎に採用しているベンダーは異なり、グループのシステムインテグレーターが SI を行っている。化学業界に強い横河電機、アズビルの採用が多く、日立製作所を採用する工場も一部でみられる。これらのベンダーの MES をベースに、ヒストリアンとして OSlsoft 社の「PI System」を組み合わせて運用している。
MES に無い機能は他のシステムで補完している。作業者管理や保守・保全については電子日報ソフトをカスタマイズして活用している。設備の点検情報、人によるパトロール状況、勤怠情報等を管理している。
MES 単体で全ての機能を運用するのではなく、既存のインフラ（システム）を活かしつつ、工場の製造系 IT システム全体を組み合わせて広い領域をカバーする MES を構築している。
ハードの違い等からデータの統合・統一の必要性があるケースはあるが、ETL※等を活用することで、OT(Operational Technology) 情報を収集している。

※ Extract/Transform/Load　ツール（異なる IT システム間の情報変換ツール）の略

(4) データ活用実態

【活用データ】

センサ	制御	設備稼働	生産数	歩留まり	その他
活用	活用	活用	活用		

PV（測定値)、MV（操作値)、SV（設定値）といった各種データを演算処理してプラント制御している。
センサ情報は基本的に 1 分周期で収集している。変動が少ない箇所については 8 時間に 1 回、1 週間に 1 回等の頻度にて実施している。
専用の解析ソフトによるデータ分析も行っており、効率的なプラント運転業務やビッグデータ解析による新たな”気づき”の発見を目的として活用されている。

【データ活用目的】

データ活用の狙い	生産状況の見える化、設備稼働監視、予知保全
方向性	データ分析人材増加、AI 活用等分析技術強化

主な目的は設備稼働監視であり、その延長線に予知保全がある。
近年はデータ分析人材の育成・確保に注力している。中期経営計画に於いて 2021 年度末までに生産系のデータエンジニア 100 名、データサイエンティスト 10 名の育成・確保を目標に掲げており、既に目標達成している。データ分析人材を増やすことで、これまで以上にデータ分析に取り組んでいく方向性となっている。

(5) 通信関連実態

【接続形態】

有線	Wi-Fi	セルラー
活用	活用	

基本的には有線を利用しているが、モニタリング関係は無線の活用も多い。
以前にはローカル 5G の PoC を行ったが、基地局を密に立てる必要があること、ノイズが多いこと、防爆仕様の通信設備の費用が高いこと等、課題が多いとしている。防爆仕様については政府が緩和の方向性で動いているため期待している。
クラウドについては、MES のヒストリアンである「Pi System」をプライベートクラウドに置いて運用している。

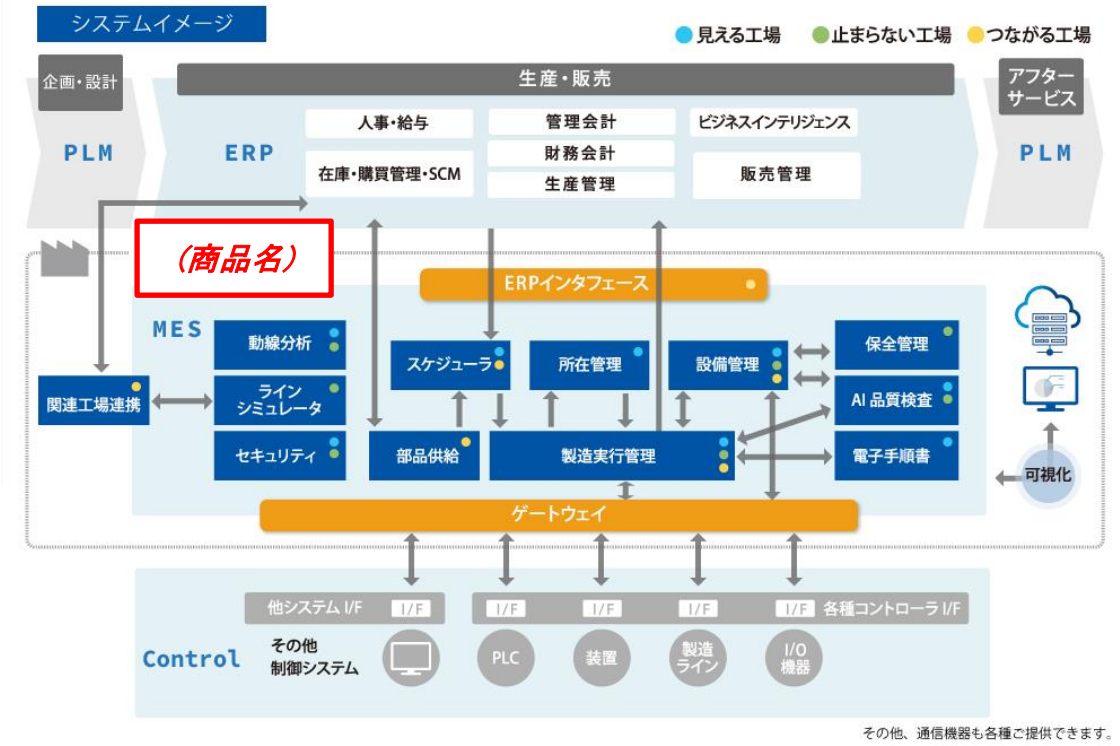
クラウドを活用している

注：「オンプレミス」は自社内に情報システムを保有し、サーバーを運用する形態。
　　「クラウド」は情報システムを自社で保有せずに運用する形態。

Ⅳ．FA-IT ベンダー事例編

(1) 企業情報

企業名	L 社
本社所在地	
ヒアリング拠点・部署	経営企画室
設立年月日	2020 年
資本金	
事業内容	デジタルシステムインテグレーター事業



L 社は親会社の共同出資により 2020 年に設立された。親会社のデジタルファクトリービジネスの中心を担うべく、事業展開している。
「見える・止まらない・つながる工場へ」をコンセプトとしている。

(2) スマートファクトリーソリューションの概要

ソリューション	概要・実態
（商品名）	MES を中心としたスマートファクトリーソリューション
（商品名） MES	MES。計画、実績機能が中心
（商品名） Equip	機器稼働情報、装置内情報を収集
（商品名） Viewer	見える化ツール。製造現場、工場管理者、経営者向けに画面を用意
（商品名） Scheduler	Asprova
（商品名） WorkNavi	電子手順書。MES と紐づけ
（商品名）-Eye	エッジ処理型 AI 外観検査。
アセスメントサービス	コンサルティング

同社のソリューションはMESを中心に構築・ラインナップされている。工場全体の最適化を目指すスタンスにて事業展開している。
とはいえ、客先にて単なる見える化に留まるケースも少なくないことから、（商品名） Equip、（商品名） Schedulerのみの導入で終わることもある。

アセスメントサービスは自社にて手掛けており、顧客のスマートファクトリー構築の初期段階からコンサルティング的に進めている。

【スマートファクトリーソリューション導入フロー】

(3) スマートファクトリーソリューションの特徴・強み

特徴・強み	概要・実態
スモールスタート可能	（商品名） Equip により、設備稼働状況見える化のみのシステム構築が可能。 段階的なスマートファクトリー構築に有効
FA システムとのトータル提案	目指す方向性であり、L 社親会社および兄弟会社と共に案件対応するケースが増えている ロボットの場合、大口顧客が自動車メーカーとなり顧客自ら IT システムを構築するケースが多くシナジーが発揮しにくい
コンサルティング対応	スマートファクトリー構想段階からサポートしている L 社親会社の工場を見せる化することで顧客の理解度が高まる
SI 力	基本的に自社対応することでノウハウを蓄積している OPC-UA 変換に関する実績が豊富
MES の位置付け	部材調達から物流まで含めた製造業 DX のなかで工場データ収集の中心的役割を担うと位置付けている　単なる見える化だけであれば MES は不要であるが、工場の KPI を正確に把握する為には MES は不可欠である

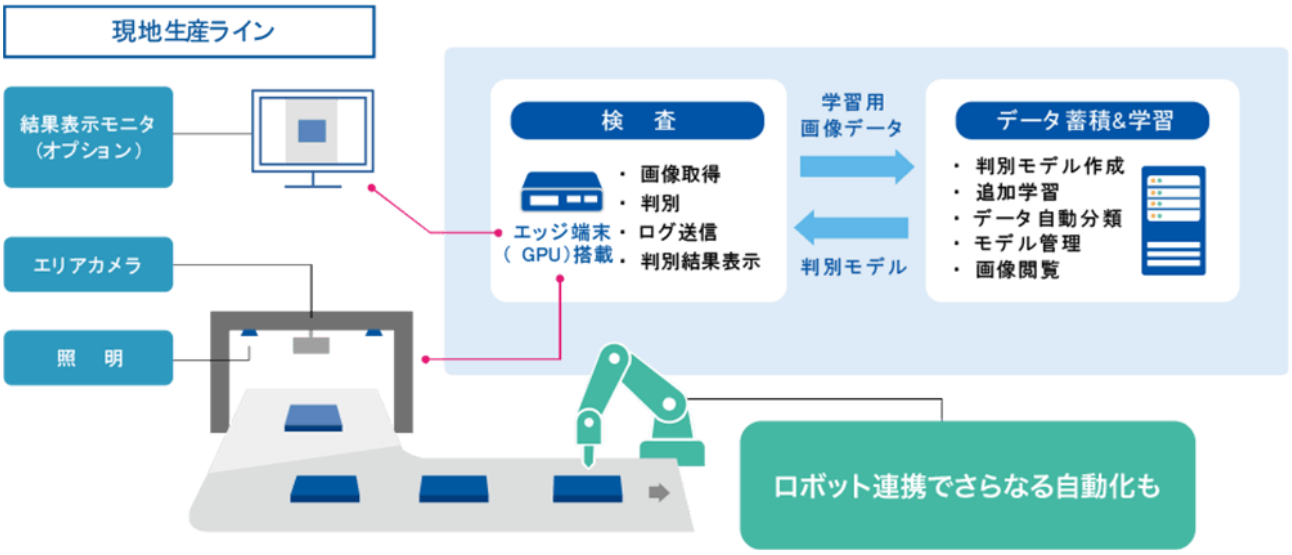
同社は親会社と某社との協業により、 FA 機器とソフトのワンストップ提供が可能であるが、これまでは具体的な案件が少なかった。
現在、顧客が FA 機器とソフトを一体で検討するケースが出てきており、今後の変化が期待されている。

ここ数年コンサルティング営業に注力しており、成果が出つつある。モノ売りから課題解決へと移行しつつある。

SI は自社対応している。案件対応することでノウハウを蓄積する考えにある。

MES は構築工数が嵩むが製造フロー全体の DX を進めるに於いては不可欠なツールと位置付けている。

(4) FA-IT 案件事例



大規模なFA-IT連携案件事例は無く、AIによる外観検査システム「(商品名)　Eye」がFA-IT（AI）連携事例となる。
AI外観検査ソフトとロボットシステムをトータル提案したものである。
PoCを含め、30から40の事例がある。
前述の通り、ロボットの大口顧客は自動車メーカーでありITシステムは自社にて対応することから、大規模なFA-IT連携案件が成立し難い。

(5) 顧客動向

項目	実態
ターゲット顧客	ディスクリート、組立系（自動車部品、電気機器)、食品　年商500億～5,000億円程度
顧客課題	スマートファクトリー化をどこまで進めることが利益の最大化に繋がるかを検討中　　経営層と工場のニーズのミスマッチ

ディスクリートの中でも組立系をメインに展開している。食品向け案件も増加傾向にあるが、案件単価が低く、組立系向けの方がプライオリティが高い。
企業規模は所謂ミディアムカンパニーである年商500億～5,000億円のゾーンを狙っている。レンジを広げても最低300億～最大8,000億円まで。
このレンジを外れるとIT予算が少な過ぎたり、システムを内製する体力を持っていたりする為、スコープから外れる。

顧客は自社に最適なスマートファクトリーレベルが認識出来ていないことから、スモールスタートから始めてステップアップする提案を進めている。
又、経営層がスマートファクトリー案件に関わるケースが増えているが、工場サイドとのニーズがミスマッチしているケースも多い。

(6) 技術・標準化動向・見解

項目	実態
FAデータ変換手法	OPC-UAが基本。装置メーカーがOPC－UA対応していることが多く、負荷は小さい
通信ネットワーク動向	有線、Wi-Fi共に対応。５G 活用等も検討中
ISA95対応	概念を理解しており、営業に活用している　顧客の理解度は様々

装置情報をOPC-UA変換することで上位システムと繋げている。機器メーカーがOPC-UA対応しているケースが多く、単純に接続すれば事足りる。自社で個別に対応するケースは、mSオーダーで情報取得する必要がある場合等であるが、比率は低い。
通信についてはL社が通信ベンダーとも協業しており、セルラーにも対応可能。
ISA95のレイヤー毎にシステムを整理することで、システム更新時の工数が削減可能と見ている。

(7) 今後の事業方向性

項目	狙い
コンサルティング力強化 ナレッジの蓄積	・　既設ラインへのシステム導入に対応する ・　顧客課題・規模に応じた提案力を高める 機器接続等に迅速に対応可能となる
サブスクリプションの検討	顧客層拡大

同社のスマートファクトリー事業拡大には2つのキーワードがある。既設ラインへの展開と顧客層拡大である。
既設ラインへの導入を進めることで、事業領域が大きく広がる。ただ、現状は技術ハードルが高く、思うように進んでいない。
顧客課題は様々であり、又、要求レベルも多種多様である。一方、小口案件も多い。ナレッジを蓄積することで案件をスムーズに進め、小口案件でも利益を得ることが可能な体制を目指している。
又、販売メニューを増やす為、サブスクリプション提供も検討している。現状ではディスクリート向けにサブスクリプション提供は困難と見ているが、今後のソフトウェアの進化に期待している。

Ⅴ．MES 市場実態編

出典：富士経済「2021 年版 DIGITAL FACTORY 関連市場の実態と将来展望」2021 年 11 月発刊

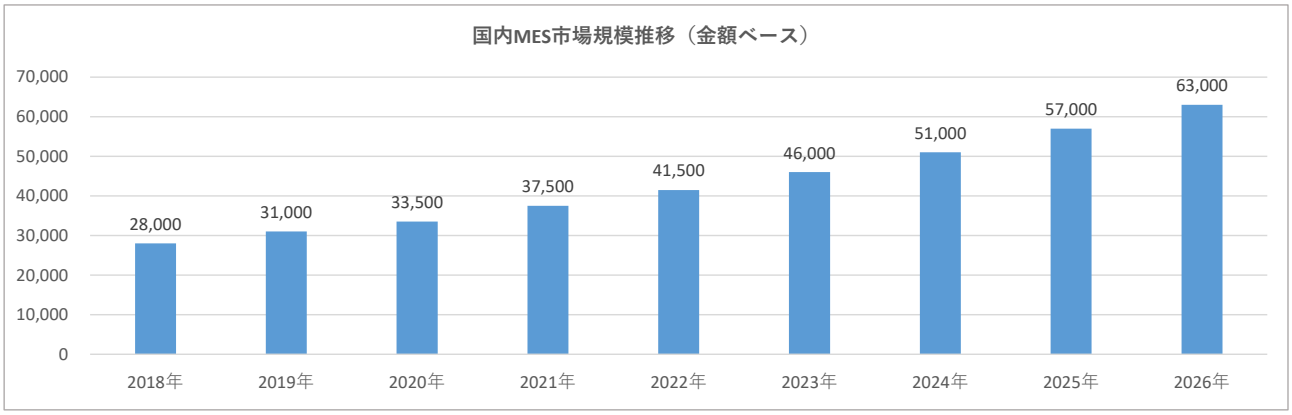
1.　国内市場規模推移

単位：百万円

年次 / 摘要	実績			見込		予測			
	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年
金　額	28,000	31,000	33,500	37,500	41,500	46,000	51,000	57,000	63,000
（前年比）	-	110.7%	108.1%	111.9%	110.7%	110.8%	110.9%	111.8%	110.5%

富士経済推定

単位：百万円

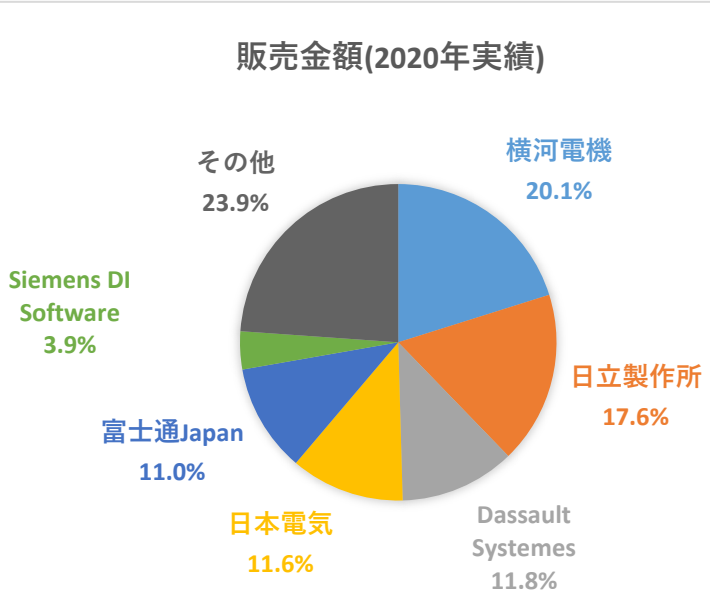


コロナ禍を受け、現在、日本の製造業企業が最も注力しているテーマの一つが工場の見える化である。単なる見える化に留まらず、この際、MES を導入しようとの機運が高まっている。この動きはコロナ禍以前の 2019 年より顕在化しており、製造現場の暗黙知にて解決してきた日本の製造業に転機が訪れているとも言える。
現状の案件の進み方や引き合いの勢いから、市場は、今後、数年、好調を維持すると見られており、当面、年率 10%成長を維持すると期待されている。

2.　国内参入企業シェア

単位：百万円

年次 / メーカー名	2020年（実績）	シェア	2021年（見込）	シェア
横河電機	6,750	20.1%	7,100	18.9%
日立製作所	5,900	17.6%	6,300	16.8%
Dassault Systemes	3,950	11.8%	6,000	16.0%
日本電気	3,900	11.6%	4,150	11.1%
富士通Japan	3,700	11.0%	3,900	10.4%
Siemens DI Software	1,300	3.9%	1,550	4.1%
アズビル	1,200	3.6%	1,250	3.3%
インテック	850	2.5%	1,000	2.7%
その他	5,950	17.8%	6,250	16.7%
合計	33,500	100.0%	37,500	100.0%



主要企業の動向
横河電機は、国内を中心に化学関連向けに強い。2020 年は国内における化学関連の需要が好調に推移した。

日立製作所は、医薬品業界向け「HITPHAMS」、自動車業界向け「NXAUTO」、プロセス産業向け「ProductNEO」シリーズ、加工組立産業向け「FactRiSM」の 4 製品を展開している。2020 年は自動車向けが低調だったが、医薬品向けや化学などのプロセス産業向けが好調となった。

Dassault Systemes は、MES(MOM)「DELMIA Apriso」を展開している。2020 年は従来からの中心業種である自動車関連や産業機械関連に加え、食品・化粧品関連の新規需要を取り込み、実績を伸ばした。2021 年は前年同様の業種を中心に、新規・更新・拡張需要を取り込み、実績を伸ばす見込み。

日本電気は、「IFS Applications for MES」を軸に国内の大企業や中企業をメインに展開している。MES はスクラッチ提供が中心。電機・電子関連や産業機械関連をドメインとしたディスクリート分野を得意領域としている。

富士通 Japan は、「FUJITSU Manufacturing Industry Solution COLMINA MES」を展開している。2020 年は自動車関連がやや停滞したものの、半導体関連やプリント基板関連、産業機械関連が好調に推移した。製造業向けソリューションを COLMINA ブランドに統一し、トータル提案を進めている。

Siemens DI Software は、製造オペレーション管理(MOM)ソリューション「Opcenter」を欧州や中国を中心に展開している。自動車関連や半導体関連、電子部品関連を中心に新規・拡張需要を取り込んでおり、2020 年は PLM とのセット提供にて実績を伸ばした。

3. 主要参入企業の強み（海外企業含む）

企業名	国内 MES 事業に於ける強み
横河電機	DCS を中心として PA 市場にて圧倒的なシェアを有している点　　ソリューション力
日立製作所	国内製薬企業との強いコネクション　大みか事業所を始めとする自社のディスクリート製造ノウハウのナレッジ化
Dassault Systemes	同社の「DELMIA Apriso」は柔軟なカスタマイズが可能であり日本市場のニーズにマッチしている
日本電気	PLM はトップシェア、MES もシェア上位にあり、製造業向けアプリケーション市場に於ける位置づけが高い　　グループ企業の NEC プラットフォームズにてソリューションの検証が可能
富士通 Japan	PLM、MES 等、製造業向けアプリケーションに於ける高いシェア 製造現場と業務データの統合を志向
Siemens DI Software	ドイツに於ける豊富な実績によりソリューションメニューが豊富 PLM、MES、ERP、IoT P/F がシームレスに結合する為、１DB、1P/F コンセプトを実現可能
アズビル	PA 分野に於いて一定のポジションを維持

横河電機、日立製作所、アズビルは自社が強みを持つ事業領域にて MES を展開する形でシェア上位となっている。
NEC と富士通は電機メーカー系 IT ベンダーとしてディスクリート業界を中心に事業展開している。
Dassault、Siemens は海外の成功事例の国内展開とのスタンスで展開している。自社ソフトの柔軟性を強みとする Dassault と、エッジの強みを活かした Siemens といった立ち位置の違いがある。

付録 2. 次世代スマート工場のエンジニアリング研究会主催 MES シンポジウム（2021 年 10 月 7 日）概要

（シンポジウム開催案内）

公開シンポジウム（無料）（Zoom ウエビナー配信）

「工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来」

開催日時 2021 年 10 月 7 日（木） 9：00～12：30（質疑応答含む）
開催場所 エンジニアリング協会　会議室 より配信
募集期間 2020 年 9 月 13 日(月)～2021 年 10 月　4 日(月)
講演要旨

近年、「製造業にデジタル変革を」という声を聞く機会が、増えています。従来型の現場改善の積み重ねだけでは越えられない壁を感じ、デジタル技術導入を試みる企業も少なくありません。とくにトレーサビリティや製造品質記録の要求、短納期化の実現など、工場ぐるみで取り組むべき課題に、製造密着型の IT システムが果たす役割は大きいはずです。
当協会の「次世代スマート工場のエンジニアリング研究会」では、製造現場と製造マネジメント業務とをつなぐ『製造実行システム』（MES = Manufacturing Execution System）の重要性に着目してきました。なお、最近では MOM = Manufacturing Operation Management という言葉も使われるようになってきていますが、この案内文では"MES"と呼んでおきます。

“MES”はこれまで半導体や医薬品工場など、一部の限られた業種でのみ使われてきましたが、IoT 技術の進展などにより、適用可能範囲が広がりつつあります。
現在、“MES”に関する日本語の参考書籍やベストプラクティス集がほとんど存在しません。そこで当研究会は、内外の有力 MES ベンダーにお声がけし、各社製品の特徴や活用事例などを紹介頂き、受講者との間で質疑を交わす無料シンポジウムを開催することといたしました。
日本の製造現場に即した”MES”の要件、活用実態、製品とプレイヤーなどの最新情報は、多くの企業にとって有用となるでしょう。
このシンポジウムは”MES”に関わるユーザーとベンダーとが、ある意味で中立な立場から企画しています。　“MES”導入に関心を持たれる皆様にとって、導入ロードマップ等の策定に役立つことと確信しております。

（進行予定）　※　当日の講演順序は前後する場合があります
9:00　基調講演 1 「実務者目線から見た MES の重要性」
　　研究会幹事　佐藤知一　（日揮ホールディングス）
9:20　ご講演　横河ソリューションサービス（株）　様
9:50　ご講演　ダッソー・システムズ（株）　様
10:20　ご講演　ロックウエル・オートメーション（株）　様
10:50　ご講演　アズビル（株）　様
11:20　ご講演　シーメンス（株）　様
11:50　基調講演 2 「経営者目線から見た MES の重要性」
　　研究会事例調査分科会リーダ　藤野直明　（野村総合研究所）
12:00　全体質疑応答、オンラインアンケート回答方法の案内　他
12:30　終了

本講演会は、次世代スマート工場のエンジニアリング研究会 事例調査分科会が開催いたします。賛助会員企業・団体かどうかに関わらずどなたでも参加頂けます。シンポジウム資料は、シンポジウム終了時に配布するアンケート調査票に回答頂ける方にお渡しいたします。

付録 2-1.　冒頭進行説明

ENAA　　G21-049

公開シンポジウム（無料）

工場スマート化のための製造実行システム“MES”その現在と将来

2021年 10月 7日 9:00 - 12:30
Zoomウエビナー配信

一般財団法人　エンジニアリング協会
次世代スマート工場のエンジニアリング研究会

1

ENAA

本日の進行予定

9:00	基調講演1	pp.7-16	「実務者目線から見たMESの重要性」 研究会幹事　佐藤 知一（日揮ホールディングス）
9:20	MES事例1	pp.17-35	「操業Kaizenソリューション　－DX具現化の一つ　インテリジェントなMESの構築」横河ソリューションサービス㈱　佐藤 恵二
9:50	MES事例2	pp.36-56	「製造DXに欠かせないMOM-DELMIA /Apriso」ダッソー・システムズ㈱ 藤井 宏樹、廣谷 満
10:20	MES事例3	pp.57-88	「アズビルグループにおけるDXの取組み - MES導入事例」アズビル㈱　玉置 順久、鈴木 丈樹
10:50	MES事例4	pp.89-106	「DX時代におけるMESの新たな役割」 ロックウエル・オートメーションジャパン㈱　鈴木 聡
11:20	MES事例5	pp.107-128	「繋がるMESってどういうこと？　- シーメンスのデジタルエンタープライズとMES」シーメンス㈱　境田 千洋
11:50	基調講演2	pp.129-132	「経営者目線から見たMESの重要性」 研究会事例調査分科会リーダ　藤野 直明/藤浪 啓（野村総合研究所）
12:00	質疑応答、アンケート	pp.133-139	頂いた質問への全講師による回答および受講後アンケート

2

付録 2-2.　基調講演１：実務者目線から見た MES の重要性

ENAA

10月7日　MESシンポジウム

工場スマート化のための製造実行システム“MES”：その現在と将来

《実務者目線から見たMESの重要性》

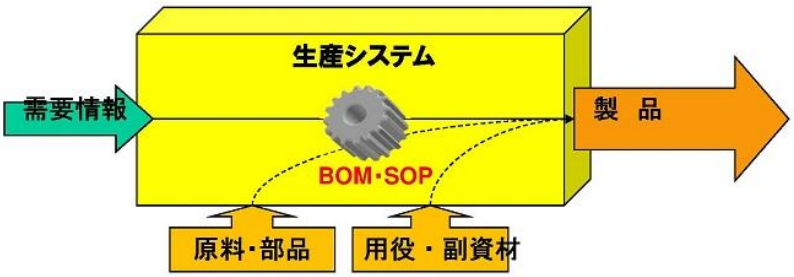
研究会 幹事　佐藤　知一　（日揮ホールディングス(株)）

(*)本講演の内容は演者の意見であり、勤務先である日揮ホールディングス(株)の公式見解ではありません

ENAA

工場を生産のための「システム」と捉えると

- スマートな工場（生産システム）とは：
  - 需要情報というインプットを、製品というモノ（あるいは製品に実現された付加価値）に変換してアウトプットする仕組みである。
  - 働く人々と、機械設備と、作業空間（建築）と、情報をやりとりする仕組みから成り立っている。
  - 工場全体が可視化され、さながら空港のように管制塔から統率され、かつ各現場も自律的に働いているのが、スマートな姿である
  - **部品表**（BOM）と**作業手順書**（SOP）はその中心に位置する

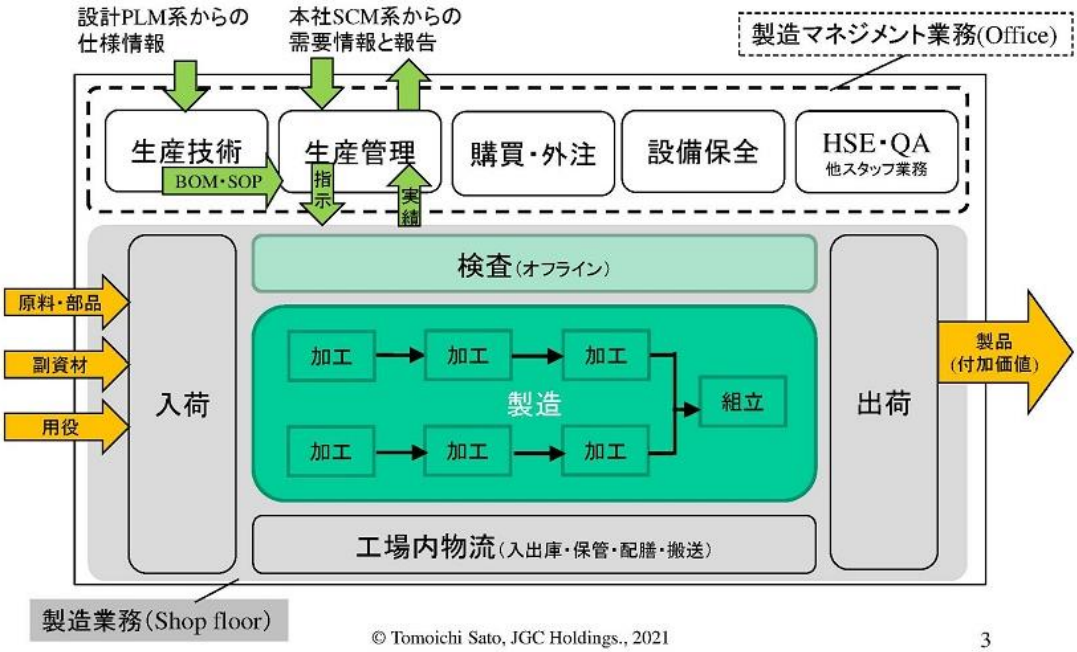


© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

2

ENAA

生産システムを構成する業務要素



© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

製造オペレーションのスマートさを測る 5つの質問

- Q1:品質
  - 客先から納品した製品の品質クレームが来ました。特定のシリアル番号(あるいは製造ロット番号)をもとに、各工程において、誰が・いつ・どの設備で・どんな作業条件の下、製造したのか、すぐに調べられますか？

Method (SOP)

- Q2:コスト
  - あるオーダーの製造原価を知りたいと思います。その製品の部品材料の数量と、どの機械に何時間ずつかけたのか、また作業者は何時間ずつ張り付いたのか、外注先はどこだったのか、すぐに分かりますか？

Machine (MBOM)

- Q3:納期
  - 客先から急にあるオーダーの納期前倒しの依頼が来ました。そのオーダーを構成する部品や作業がそれぞれ、どこまで進んでいるのか、納期はいつになる見込みか、すぐに答えられますか？

Schedule (BOP)

- Q4:人財
  - 現場で働く人達の生産性向上を図り、作業負荷の分散化をしたいと考えています。個人単位のスキルレベルと生産性、そして実働時間の表はすぐに作れますか？

Man (BOR)

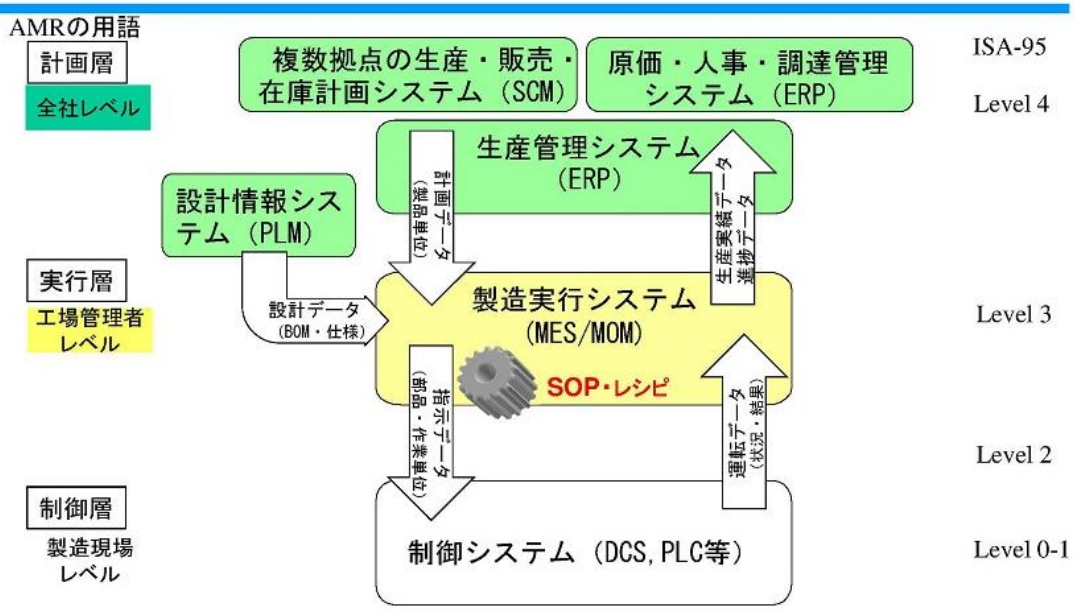
- Q5:在庫
  - 欠品やモノ探しのムダを減らしたいと検討しています。欠品リストや欠品率、在庫回転率、そして保管場所は、どの品目でもすぐにデータを見られますか？

Material (PBOM)

© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

生産情報システムのデータフロー



© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

MES/MOMの提供価値

- 工場はコストセンター、品質と納期を守って、**コストダウン**を果たせ（日本の経営感覚）
- 工場は利益のエンジン、資本投下によって新興国**生産を拡大**せよ（欧米の感覚）

MES/MOMによる製造マネジメント

経営レベル
- スケーラビリティ（人員を増やさず能力拡大）
- ポータビリティ（海外工場立上げ）の確保
- 工場レベルの能力把握と予測

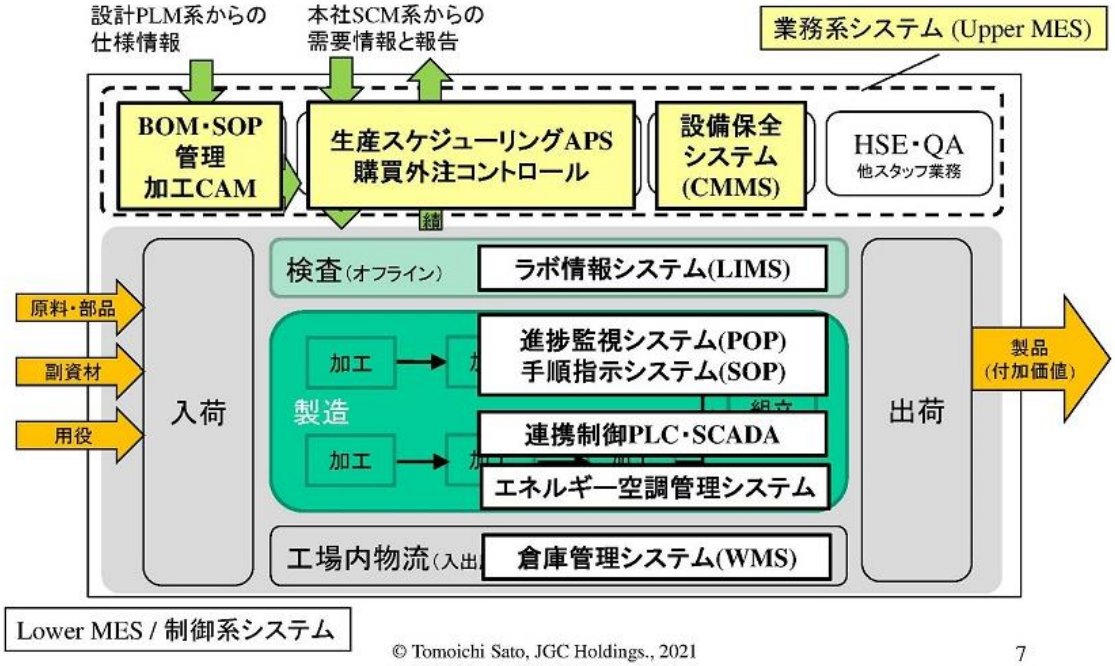
製造管理者レベル
- QCDのリアルタイムで正確な把握
- データ（品質・トレサビ等）の統合
- 製造の形式知化（SOP/レシピ）と継承

現場レベル
- 自動化の推進（3Kワークの軽減）
- 作業指示の明確化

© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

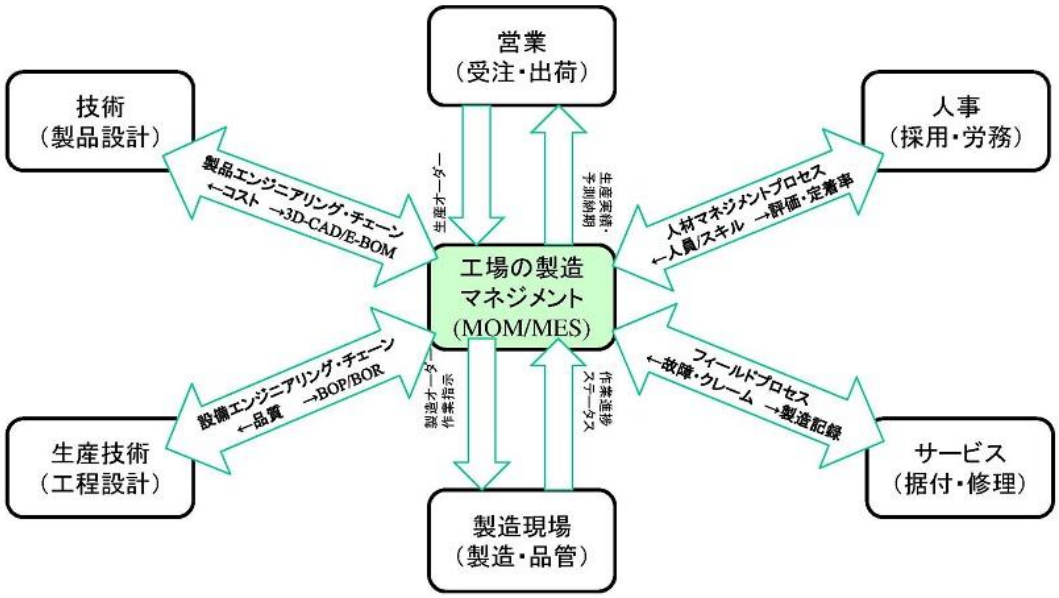
製造マネジメントの業務機能をカバーするシステム群（MES/MOM）



© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

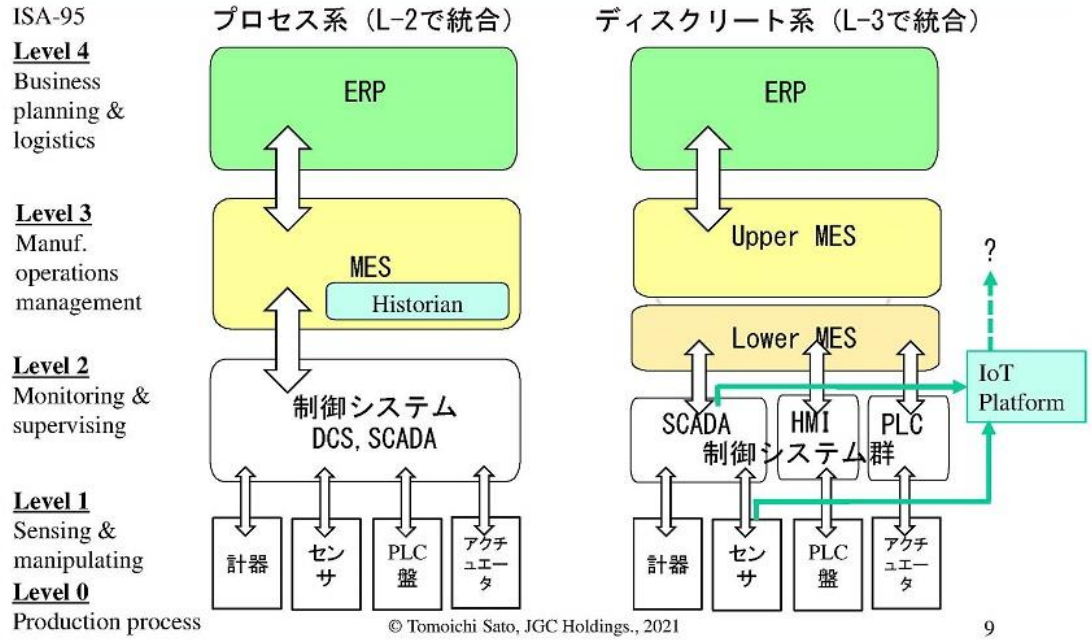
MESは製造業デジタル化のハブとなる
（MESのない「スマート工場」は考えられない）



© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

工場全体のデータはどこで統合されるか

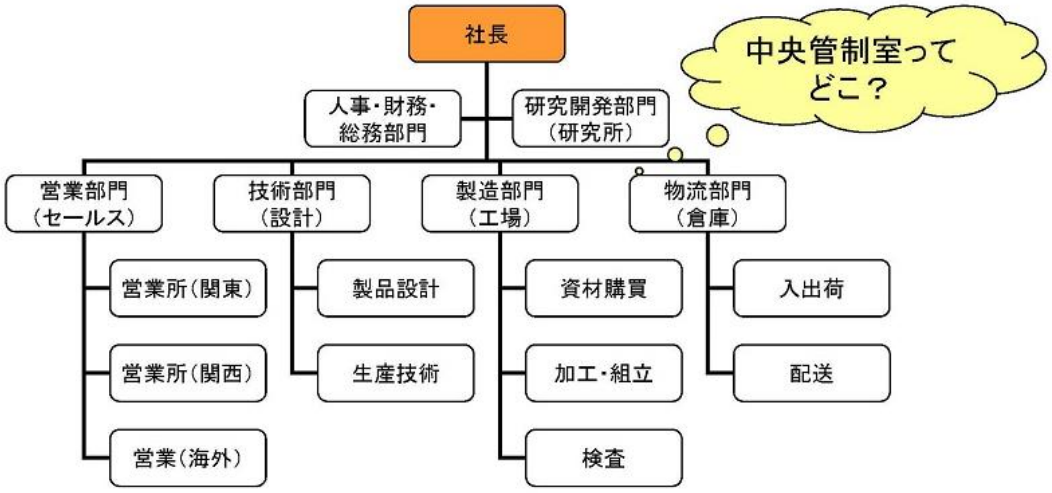


© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

ENAA

新しい仕組みは、新しい組織形態を要求する

- 製造業は機能別の組織になっている



© Tomoichi Sato, JGC Holdings., 2021

付録 2-3.　MES ベンダー講演 1：横河ソリューションサービス(株)

一般財団法人エンジニアリング協会
次世代スマート工場のエンジニアリング研究会主催MESシンポジウム

操業KAIZENソリューション ～DXの具現化の１つ インテリジェントなMESの構築～

佐藤恵二
横河ソリューションサービス株式会社

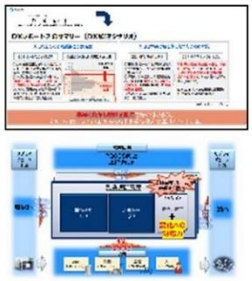
2021/10

© Yokogawa Solution Service Corporation

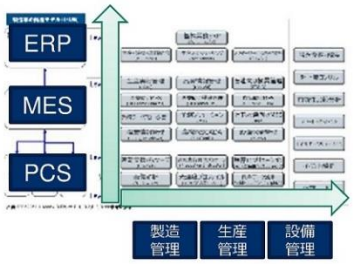
今、何から始めるべきか？ ：製造運転現場の視点から。

© Yokogawa Solution Service Corporation

今、何から始めるべきか？⇒“変化に追従できる工場“



“変化に追従できる工場“への進化が不可欠。



スタンダードなMES：
モノづくり管理業務の効率化の“領域を広げる“

インテリジェントなMES：
コアとなるモノづくりに言及する必要がある。
“モノづくりの進化“

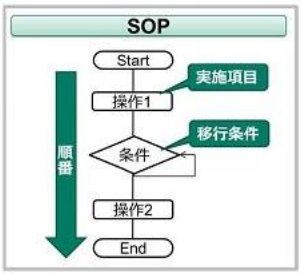
今、何から始めるべきか？⇒“変化に追従できる工場“

“モノづくりの進化”ためには！：モノづくり基本情報

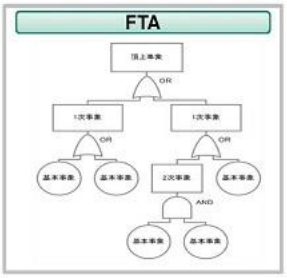
■ モノづくりの設計情報は、QMM、SOP、FTAの3つ

4Mと収率/品質の関係

モノづくりの流れ



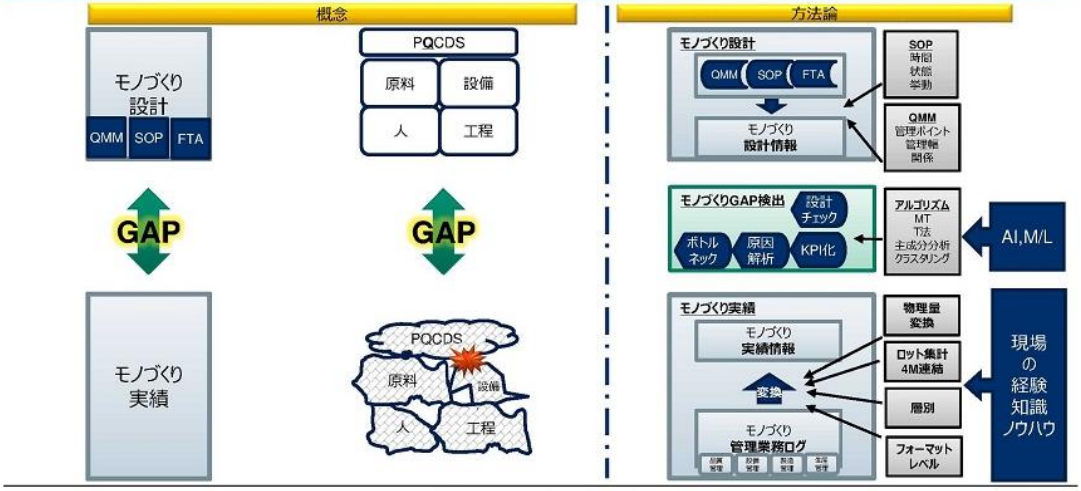
モノづくり逸脱時の対処



QMM：品質管理ポイント
　　工程管理ポイント

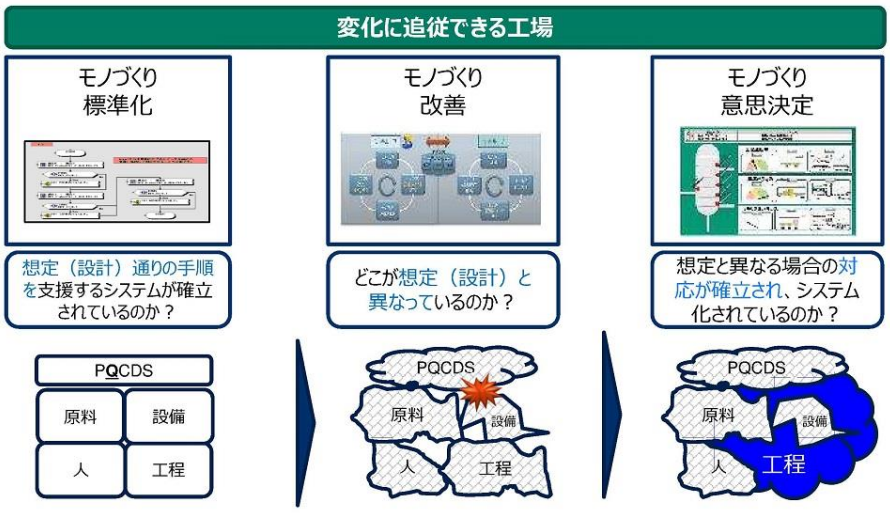
© Yokogawa Solution Service Corporation

“モノづくりの進化”ためには！：設計（想定）とのGAPは何か？



© Yokogawa Solution Service Corporation

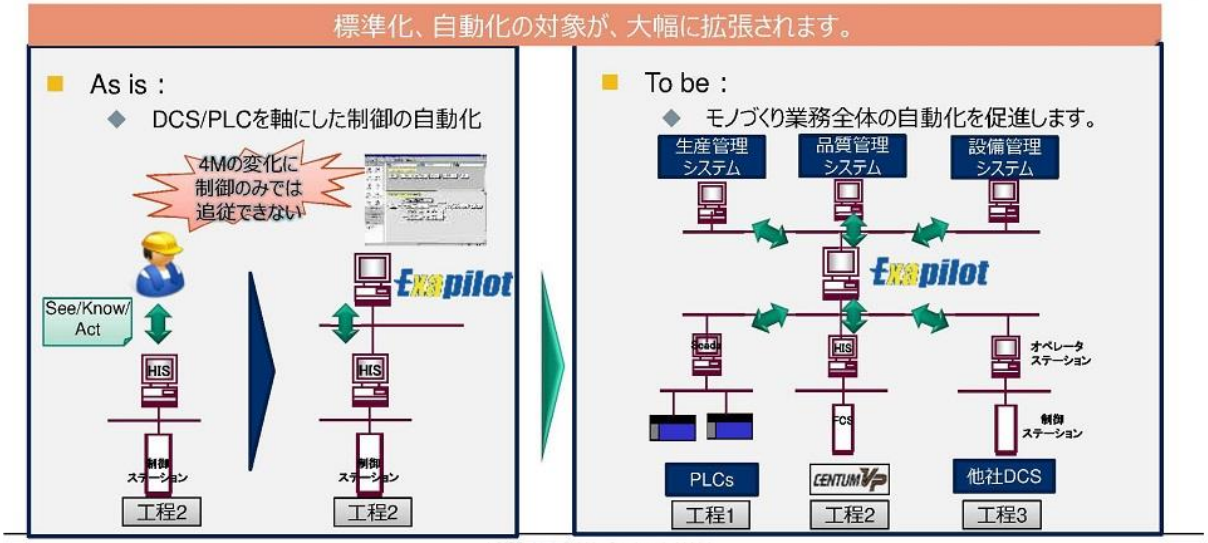
“モノづくりの進化”ためには！：どのようにしてGAPを解消するのか？



スタンダードなMESとインテリジェントなMESとの関係

モノづくり標準化　～業務連携の範囲拡大～

標準化、自動化の対象が、大幅に拡張されます。



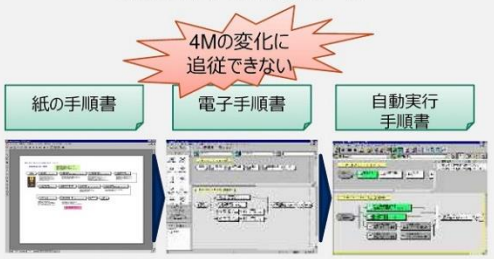
モノづくり改善　～改善（解析）と維持業務の連携～

改善活動が促進され、現場力アップに貢献します。

モノづくり意思決定　～OODAコックピット～

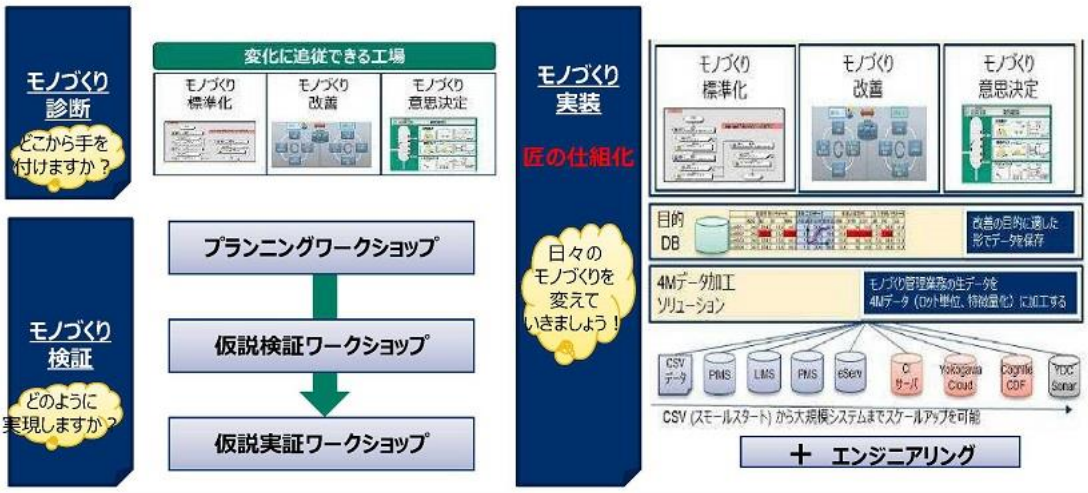
維持活動にて、OODAループをまわすことにより、変化への対応力が向上します。

- As is：
  - 設計通りの手順を着実に実行します。
  - 従来のExapilotは、OODAの中のActionツール



- To be：
  - O（監視）O(判断）機能の強化により
  - OODAループを完結させます。

どのように進めるのか？～Road to 変化に追従できる工場～



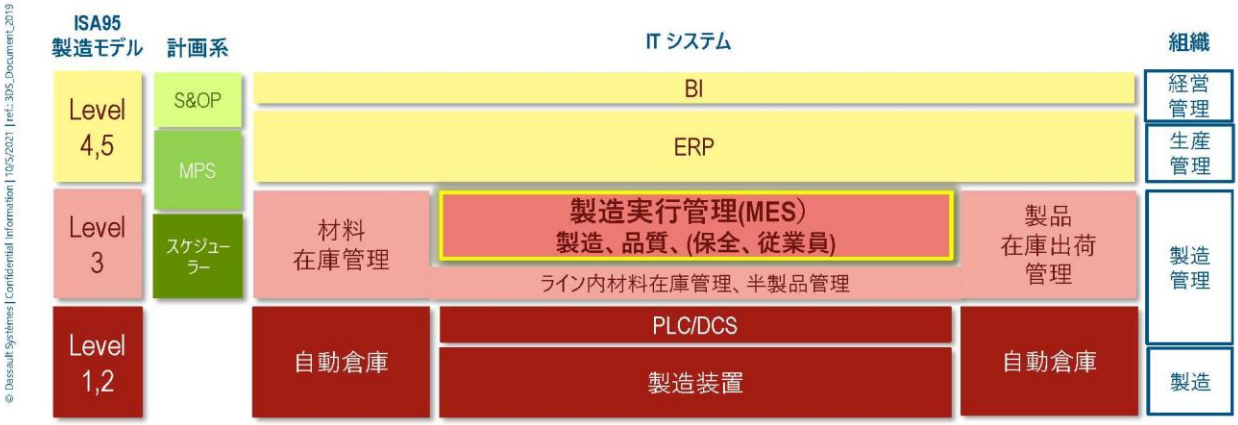
付録 2-4.　MES ベンダー講演 2：ダッソー・システムズ(株)

3DEXPERIENCE®により強化される
13 アプリケーション
11の産業
Social & Collaborative Apps
3D Modeling Apps
Information Intelligence Apps
Simulation Apps
3D
V+R
消費財
自動車・
輸送機械・
モビリティ
ビジネス
サービス
航空宇宙・
防衛
ホーム・
ライフスタイル
船舶・
海洋
エネルギー・
資源
医薬品・
医療機器
建設・都市・
地域開発
産業機械
ハイテク
DELMIA
DASSAULT SYSTEMES

バーチャル ツイン エクスペリエンス
VIRTUAL TWIN
EXPERIENCE
COLLABORATE
OPERATE
MODEL &
SIMULATE
OPTIMIZE
3D
V+R
3DEXPERIENCE®
DELMIA
DASSAULT SYSTEMES

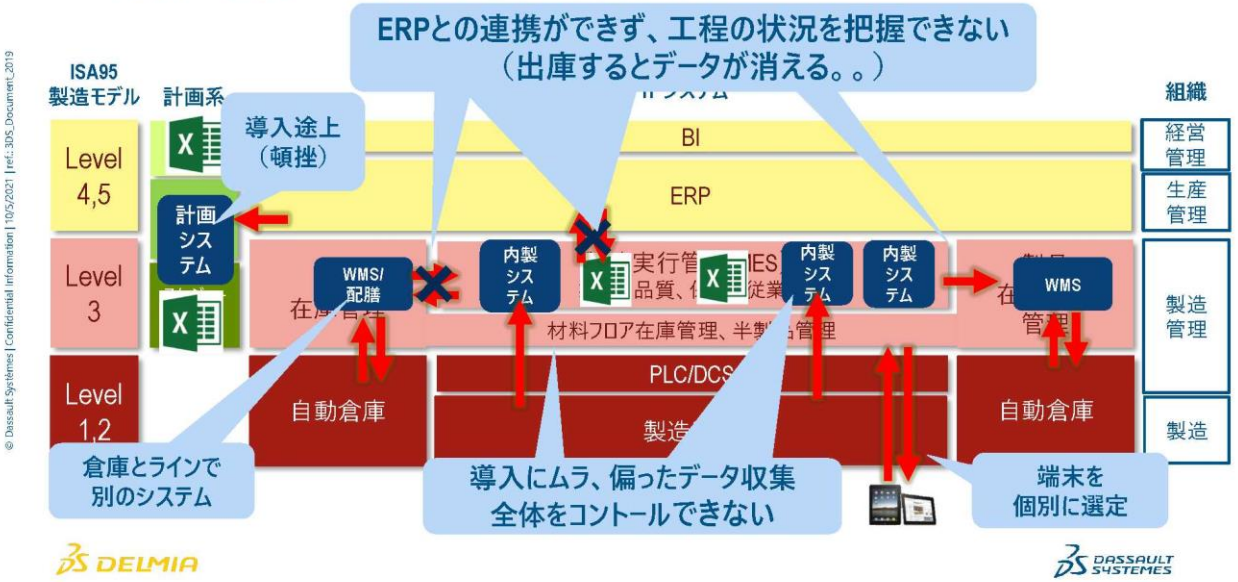
※PLMなどの設計管理システムを除く

ISA95における製造ITモデル



DELMIA　　DASSAULT SYSTEMES

現状の国内の製造システムの典型例

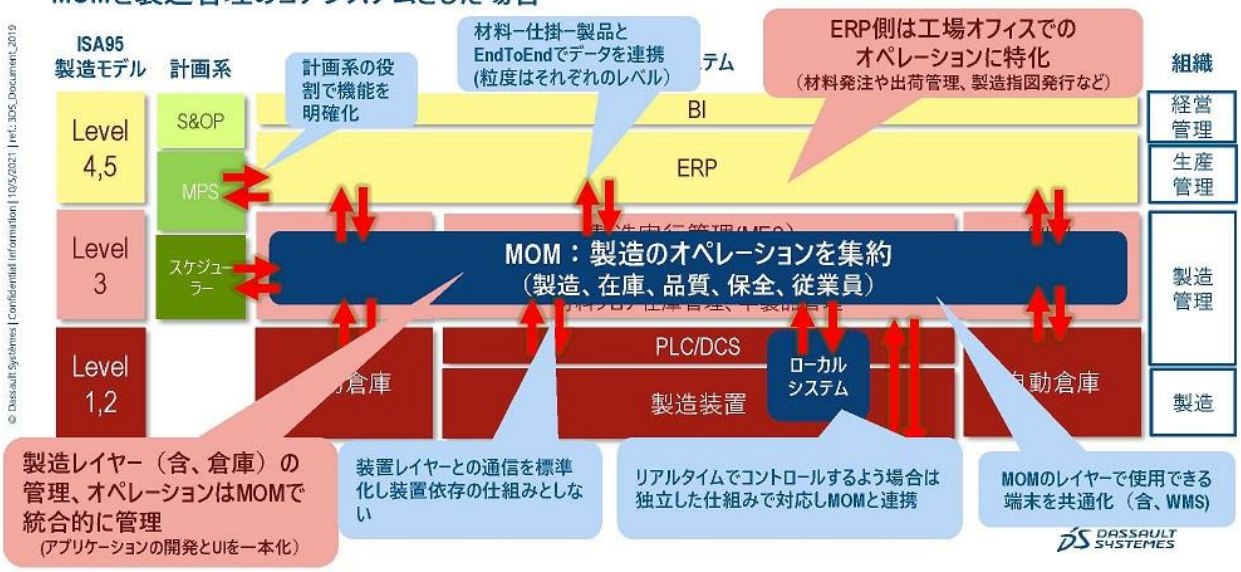


DELMIA　　DASSAULT SYSTEMES

MOM: Manufacturing Operations Management
（製造オペレーション管理）

MOM：製造ITのコアシステム

MOMを製造管理のコアシステムとした場合



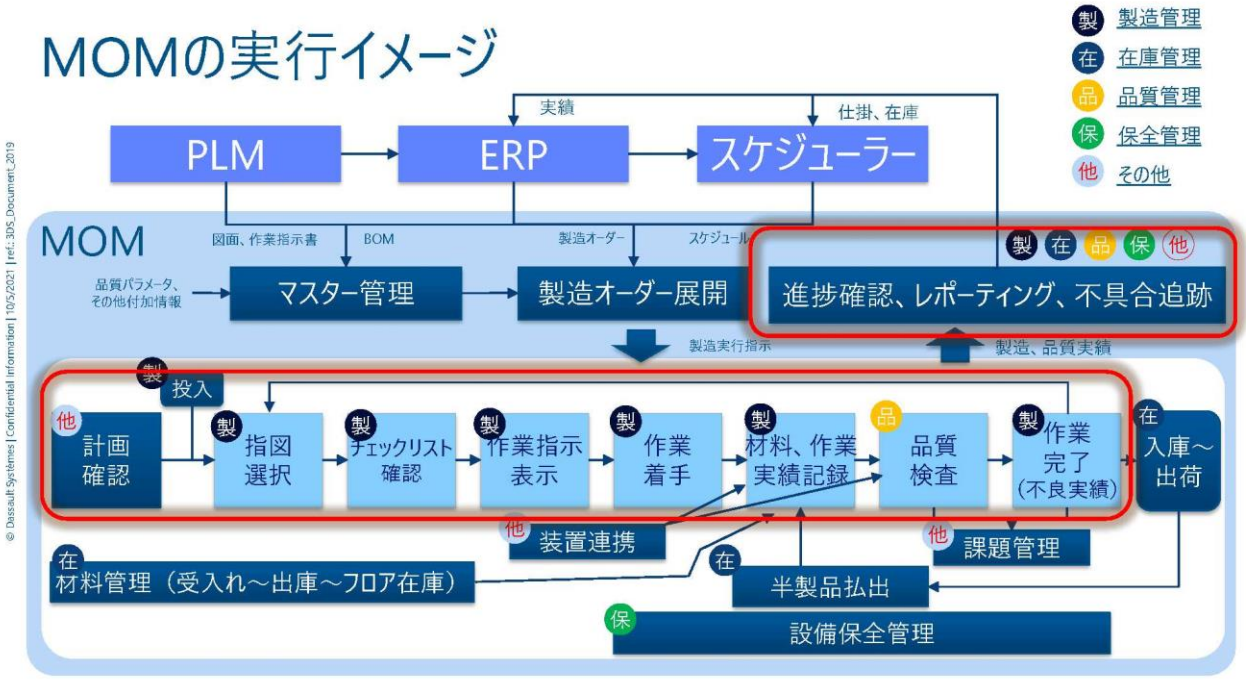
DELMIA Apriso：MOMの条件を備えた統合製造ITプラットフォーム

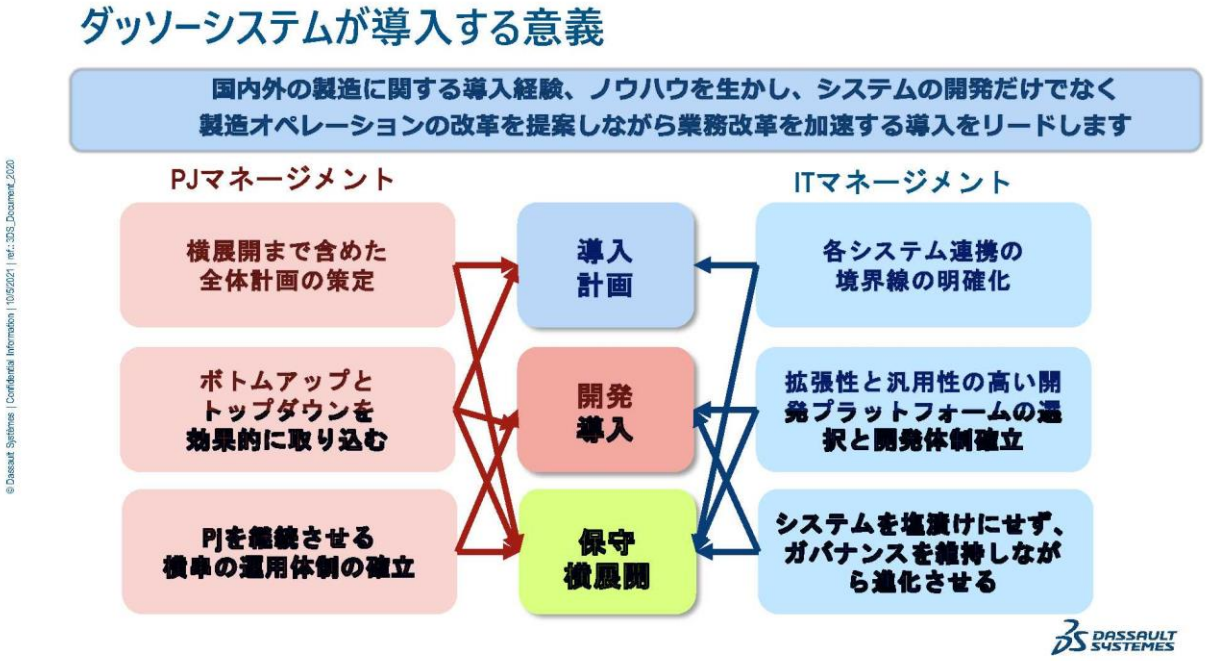
DELMIA Aprisoの３つの構成要素

▶ ANSI/ISA-95の国際標準モデルのレベル3の全業領域を統合環境で提供

DELMIA Aprisoの３つの構成要素

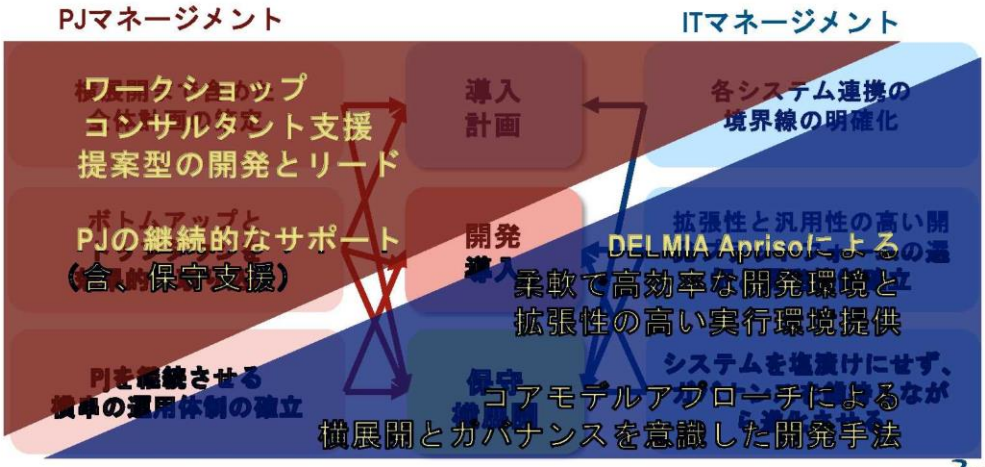
▶ ANSI/ISA-95の国際標準モデルのレベル3の全業領域を統合環境で提供


MOMの実行イメージ
製 製造管理
在 在庫管理
品 品質管理
保 保全管理
他 その他
実績
仕掛、在庫
PLM
ERP
スケジューラー
MOM
図面、作業指示書
BOM
製造オーダー
スケジュール
品質パラメータ、
その他付加情報
マスター管理
製造オーダー展開
進捗確認、レポーティング、不具合追跡
製造実行指示
製造、品質実績
投入
計画
確認
指図
選択
チェックリスト
確認
作業指示
表示
作業
着手
材料、作業
実績記録
品質
検査
作業
完了
(不良実績)
入庫～
出荷
装置連携
課題管理
材料管理（受入れ～出庫～フロア在庫）
半製品払出
設備保全管理


ダッソーシステムが導入する意義
国内外の製造に関する導入経験、ノウハウを生かし、システムの開発だけでなく
製造オペレーションの改革を提案しながら業務改革を加速する導入をリードします
PJマネージメント
ITマネージメント
横展開まで含めた
全体計画の策定
ボトムアップと
トップダウンを
効果的に取り込む
PJを継続させる
横串の運用体制の確立
導入
計画
開発
導入
保守
横展開
各システム連携の
境界線の明確化
拡張性と汎用性の高い開
発プラットフォームの選
択と開発体制確立
システムを塩漬けにせず、
ガバナンスを維持しなが
ら進化させる
DASSAULT SYSTEMES

ダッソーシステムが導入する意義

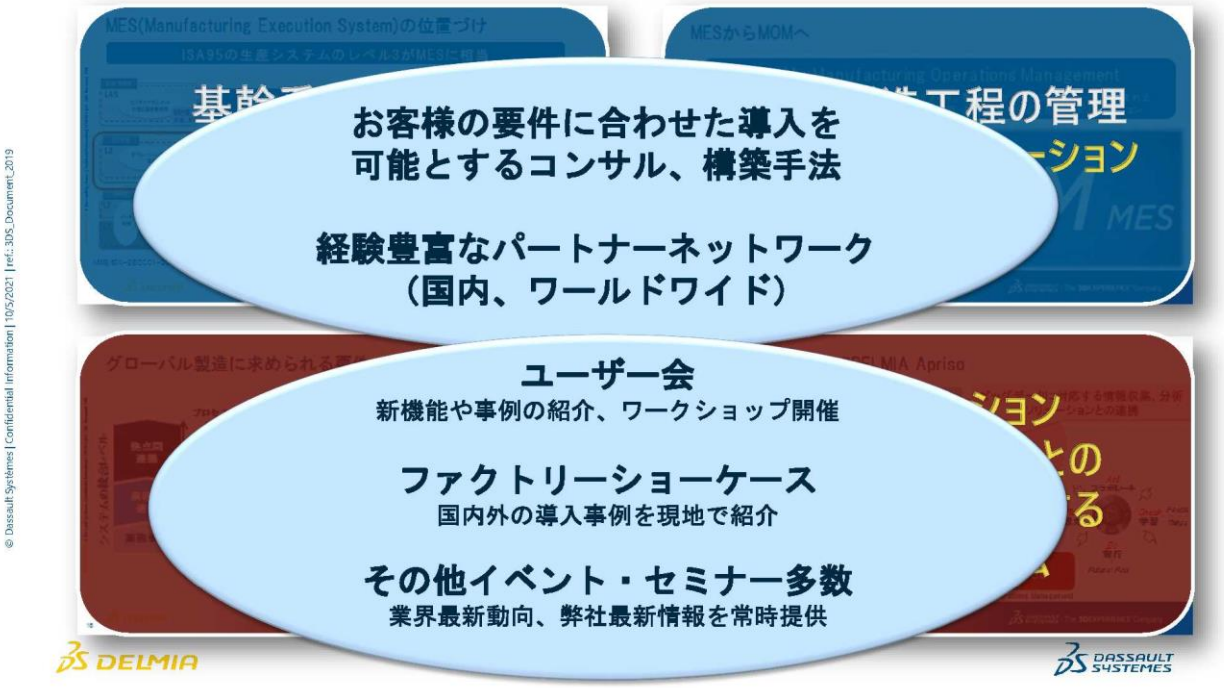
国内外の製造に関する導入経験、ノウハウを生かし、システムの開発だけでなく
製造オペレーションの改革を提案しながら業務改革を加速する導入をリードします



© Dassault Systèmes | Confidential Information | 10/5/2021 | ref.: 3DS_Document_2020

20

© Dassault Systèmes | Confidential Information | 10/5/2021 | ref.: 3DS_Document_2019



© Dassault Systèmes | Confidential Information | 10/5/2021 | ref.: 3DS_Document_2019

付録 2-5. MES ベンダー講演 3: アズビル(株)

次世代スマート工場のエンジニアリング研究会主催 MESシンポジウム
「工場スマート化のための製造実行システム"MES"：その現在と将来」

アズビルグループにおけるDXの取り組み
～MES導入事例～

アズビル株式会社　ITソリューション推進部
2021/10/7

azbil

© Azbil Corporation. All rights reserved.

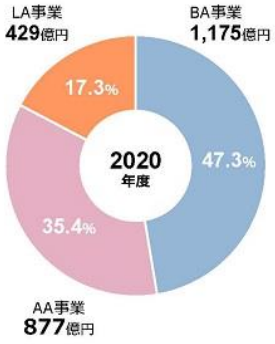
会社紹介：azbilグループ概要

「人を中心としたオートメーション」の理念のもと、計測と制御の技術で人や社会の安心、快適、達成感の実現や地球環境への貢献を目指しています。

- 本社所在地
  アズビル株式会社
  東京都千代田区丸の内2-7-3 東京ビル
- 創業
  1906年12月1日（明治39年）
- 設立
  1949年8月22日（昭和24年）
- 資本金
  105億2,271万6,817円
- 従業員数
  5,357人（連結：10,003人）
  *2021年3月31日現在

業績推移

セグメント別売上高



azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

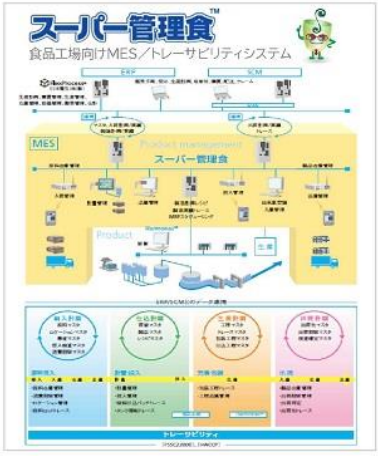
azbilグループの主な事業フィールド

「計測と制御」の技術のもと、建物市場でビルディングオートメーション事業を、工場やプラント市場でアドバンスオートメーション事業を、ライフラインや健康などの生活に密着した市場において、ライフオートメーション事業を展開しています。

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

アドバンスオートメーション事業：MES商品

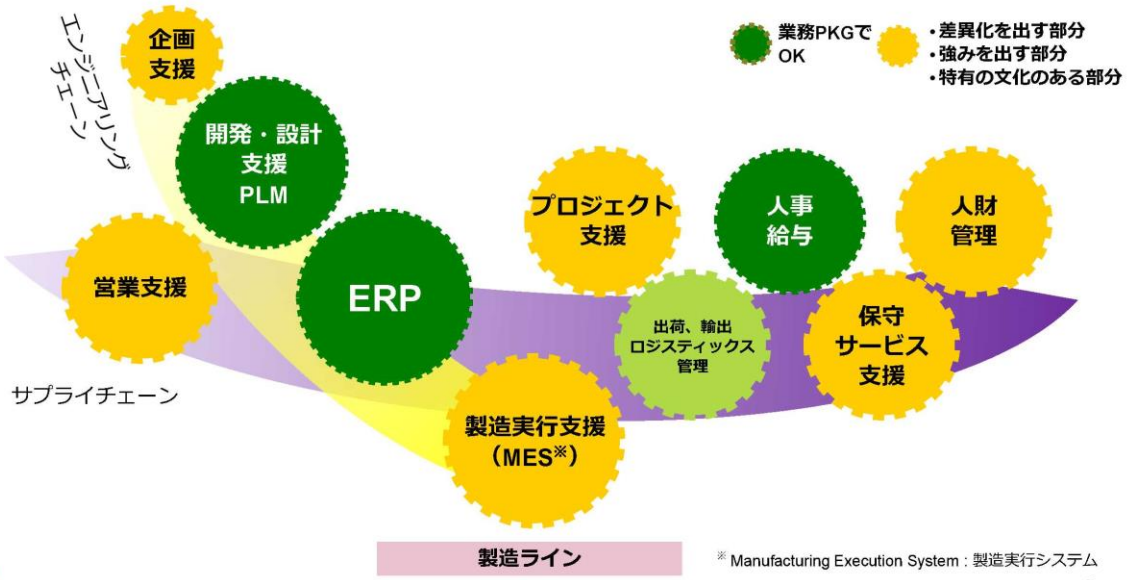
MES分野においては、医薬品や食品工場を中心に、高品質な製造、安心、安全な製品供給をサポートしています。



https://www.azbil.com/jp/product/factory/factory-product/monitoring-control-system-software/manufacturing-execution-system/index.html

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

アズビルにおける業務パッケージ(PKG)の利用 - 考え方

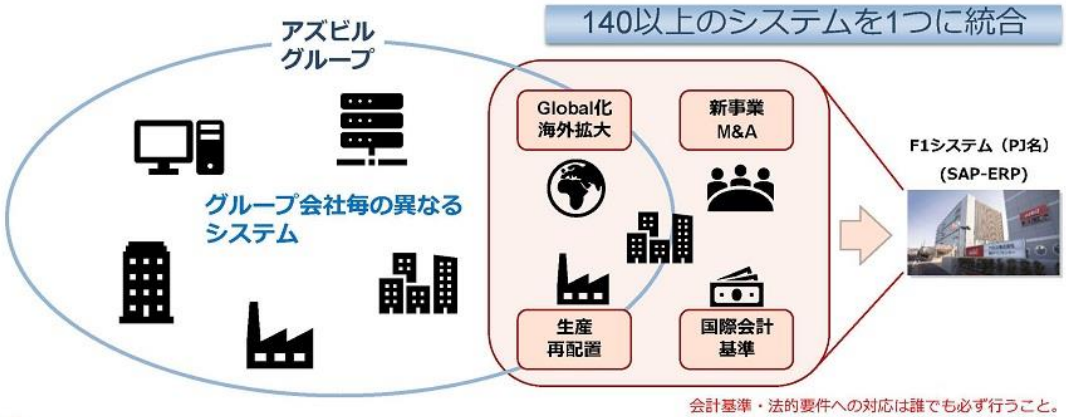


azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

9

弊社の業務システム（過去）

現状/As Is	今後/To Be
目的：部分最適のための効率化 結果：多種(複雑)・多機能⇒ 硬直	業務PKGでOK

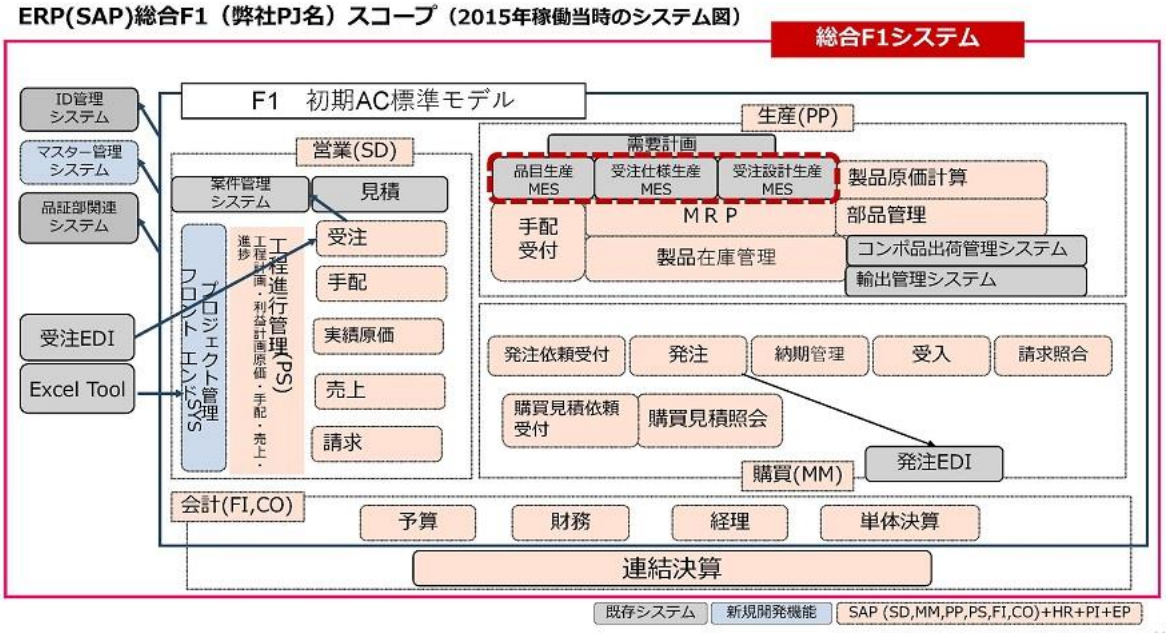


会計基準・法的要件への対応は誰でも必ず行うこと。
強味を出すところではない。→パッケージに決定

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

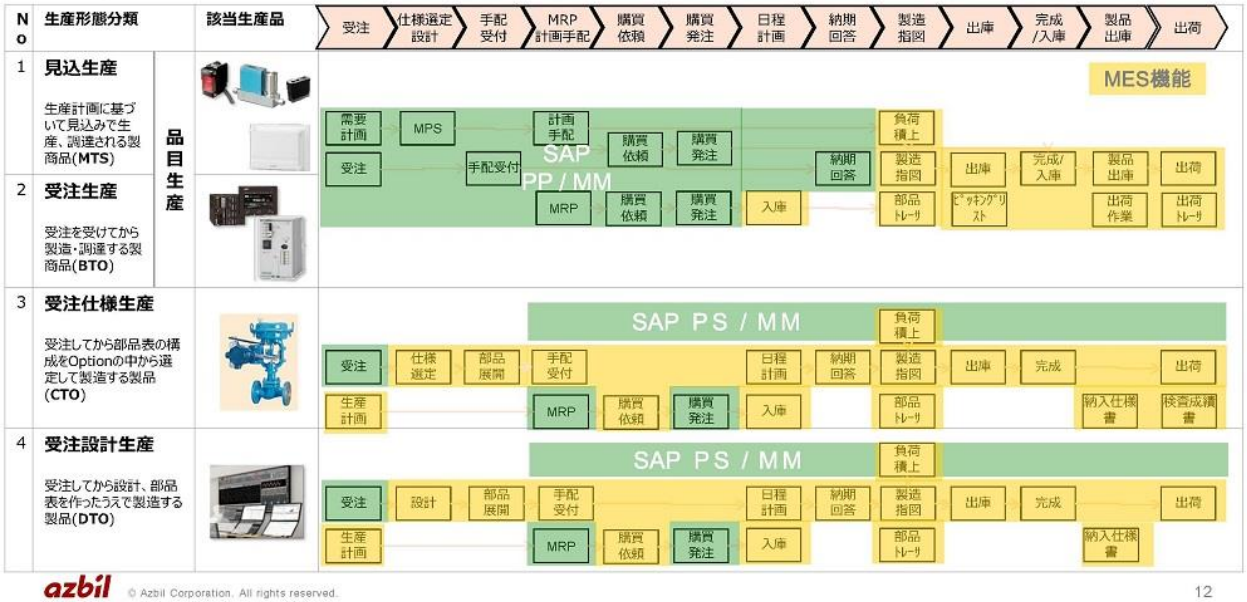
10

ERP(SAP)総合F1（弊社PJ名）スコープ（2015年稼働当時のシステム図）



11

ERPとMESの機能配置（生産形態別）



azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

12

PKGで賄えない部分、強みを出す部分をどうするか？

- MESの部分は、アズビルでは今まではスクラッチ開発をし、**部分最適**に陥り、**属人化**、**ブラックボックス化**、**データのサイロ化**を招いていた。
  工場は、国内も複数個所、海外も複数個所。生産方式も複数。多品種少量への対応

- 属人化せずに、アジャイル的に開発して、
  自社の強みや、事業環境の変化に追随したい。
- 現場のデータをうまく、活用したい。

昨今の<u>クラウドファースト</u>の潮流も踏まえ、
<u>クラウド技術</u>を活用した<u>クラウドMES</u>開発をすることとした。

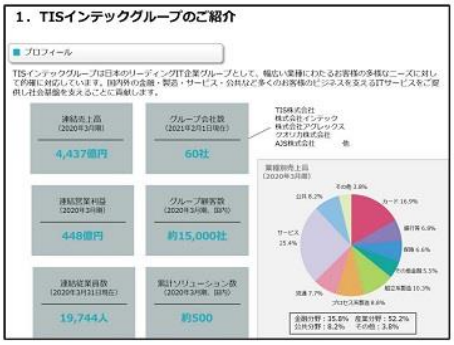
この後に、多くの技術課題（コンテナ、オーケストレーション、マイクロサービスなど）直面することに…

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

ERP (SAP)のバージョンアップ　TIS様との協業

● **<u>特記事項</u>**

- SAPは、ECC 6.0 ⇒ S/4 HANAへのバージョンアップのFSも4ヶ月で終了。SAPへのアドオンを最小化したため短期でのシステム移行が実現できた。
- S/4HANAでのシステム動作確認完了。
- グループ会社へのS/4HANA版 導入中。



azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

導入事例：基幹システム(ERP：SAP)とMESの導入（グループ会社）

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

クラウドMES　導入グループ企業　アズビル金門

３つの事業の中でライフオートメーション事業を展開しているアズビル金門（株）への導入を行いました。

azbilグループの主な事業フィールド

「計測と制御」の技術のもと、建物市場でビルディングオートメーション事業を、工場やプラント市場でアドバンスオートメーション事業を、ライフラインや健康などの生活に密着した市場において、ライフオートメーション事業を展開しています。

ガス・水道メーター類

都市ガス・LPガスメーター、水道メーターを提供するほか、警報装置や自動遮断弁といった安全保安機器、レギュレータを提供

ガスミエール™

LTEを利用したLPデータクラウドサービスも提供

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

16

課題とねらい

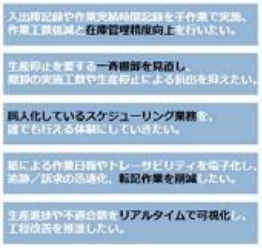
製造部門での課題	その他業務での課題とねらい
入出庫記録や作業実績時間記録を手作業で実施、作業工数低減と在庫管理精度向上を行いたい。	工場ごとに存在する個別システムの刷新を順次進め、業務の標準化
生産停止を要する一斉棚卸を見直し、棚卸の実施工数や生産停止による損出を抑えたい。	主に紙で運用している業務をシステムでデータ連携し、作業の効率化と品質向上
属人化しているスケジューリング業務を、誰でも行える体制にしていきたい。	製造状況（生産進捗、在庫など）をリアルタイムで可視化し、リモート管理の実現
紙による作業日報やトレーサビリティを電子化し、追跡／訴求の迅速化、転記作業を削減したい。	リモート環境で新しいプロジェクト導入方法の試行と実施
生産進捗や不適合数をリアルタイムで可視化し、工程改善を推進したい。	クラウド環境により、稼働後の運用管理レベル向上させ、運用作業の効率化

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

クラウドMESの導入

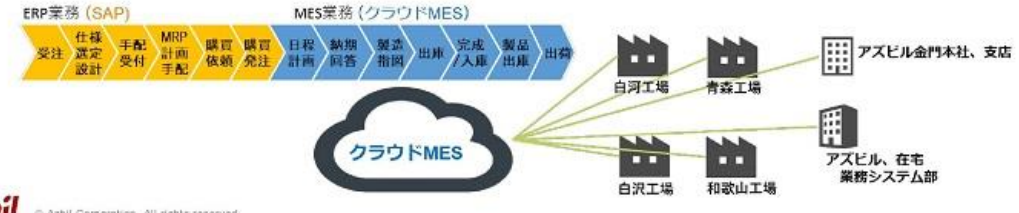
■ 課題解決のためのクラウドMES導入
- 属人化の解消、業務の集約
- 転記、口頭伝達の削減
- 現場での実物確認の削減
- エキスパート（人）の有効活用、ITツールの活用

解決



《概略スケジュール》

2020年3月～8月	2020年9月～	2020年11月～	2021年5月
リモートでプロジェクト推進	1工場で試行導入テスト（旧基幹システム＋MES連携）	並行導入を3工場へ展開	正式稼働（SAP＋MES連携）



azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

プロジェクト開始後の出来事

稼働前

- 製造部門で継続記録が出来ていなかったため、棚卸計算法に偏った原価計算
- 基幹システムのマスター情報が実態と不一致
- IT人材が不足していたため、プロジェクトの中で教育しながら立上げ
- 現場調査から隠れた仕組みを発見し、この仕組みで業務が回っていたため、Tobeの業務フローを再検討（組み込み）

プロジェクト準備段階で、実態の把握漏れがあり、計画の見直しが発生（よくある事でありますが・・・）

稼働直後

- データ移行したマスターに不備（稼働前のマスター整備漏れ）
- 全ての業務を網羅出来ていなかったため、稼働初期は、業務負荷が増加
  ⇒**稼働後にマスター修正で対応**
- 主要な業務で並行運用を実施していたため、業務移行の負荷低減

MESの並行運用を実施したことが有効であった

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved. 19

導入後

- **稼働後、５ヶ月が経過して・・・**
  - 業務運用は安定期を迎えました。
    ※ ユーザーの声（発言内容）に変化が見えてきました。（リモート対応のため、顔が見えないですが）
  - 棚卸業務の改善へスタートが出来ました。
  - 導入後の評価を実施して、成果が見え始めています。
    ※ 最終工程は、導入前は前工程の計画を見て、どれだけ出来上がるかの予測を立てながら次工程の計画を立てていたが、導入後は出来上がった半製品在庫を見て日々の計画を立てられるので、確実な生産計画が構築できるようになった。

**組織、拠点が複数あり、文化（考え方）も様々でした
ユーザーに合った対応が必要であることを実感しました**

- **今後の活動として・・・**
  - 情報基盤が構築できた状態のため、データ精度を向上させて、活用できる状態にします。
  - 現場の方、経営の方の双方に有効なデータ分析を可能にします。
  - 効果測定を実施して、多方向からMESの価値を計測します。

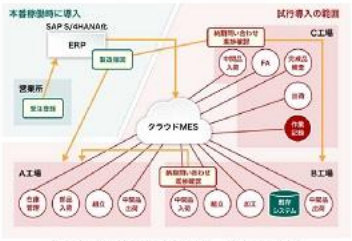
小さな一歩ですが、DXへの歩みが始まろうとしています

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved. 20

本プロジェクトの実績と成果

実績

- SAP S4/HANAと密な情報連携
- アズビルグループ工場（4工場）で稼働中
- 異なる生産方法、業務内容に対応
- MES単独で並行運用を実施して業務の安定移行
- リモートワークでのシステム導入
  - 教育、移行、稼働後サポート



クラウド製造実行システム（MES)の構築
ーアズビルグループにおける取組ー
https://www.azbil.com/jp/cloud-mes/

成果

入出庫記録や作業実績時間記録を手作業で実施、作業工数低減と**在庫管理精度向上**を行いたい。	効果あり
生産停止を要する**一斉棚卸を見直し**、棚卸の実施工数や生産停止による損出を抑えたい。	着手準備中
属人化しているスケジューリング業務を、誰でも行える体制にしていきたい。	残課題
紙による作業日報やトレーサビリティを電子化し、追跡／訴求の迅速化、**転記作業を削減**したい。	効果あり
生産進捗や不適合数を**リアルタイムで可視化**し、工程改善を推進したい。	効果あり

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved. 21

我々が考えるMESの今後

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved. 22

弊社事例：手書き記録のデジタル化

アズビル工場での事例

部署　生産部

業務　製造記録の管理・報告

課題

・紙からエクセルへの転記作業や
報告書作成に多大な時間がかかっている

電子化によるメリット

1　転記を排除し業務を効率化（月40時間削減）

2　ダッシュボードで
日々どこからでも品質管理が行えるように

3　品質管理への向き合い方の変化

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

23

（ご参考資料）
手書き記録のデジタル化　クラウドサービス
「現場でつくる作業記録サービス」

azbil © Azbil Corporation. All rights reserved.

◆特長

【セルフサービス】
お客様自身で
Webアプリケーション
を定義

【マルチデバイス】
PC、タブレット、スマー
トフォンなどWeb画面操作

【データ記録】
クラウド環境にデータ保存
簡単にCSV出力

手書きの作業をもっと簡単、スマートに。
検査・点検記録をその場でデジタル化。

手書きの作業記録をスマートに

製造・メンテナンスの現場などをはじめ幅広い各種
業務の手書きでのドキュメントをPC、スマートフォ
ンやタブレットを使ってその場でデジタル化、クラ
ウドに保存。

あらゆる企業に、月々定額でご提供する
リブスクリプションリービスです。

azbil

27

≫セルフサービス

様々な標準パーツをドラッグ＆ドロップとテキスト登録で
簡単にアプリケーションを定義
一覧選択／文字入力／QRデータ取得／画像記録

多様な部品を
ドラッグ＆ドロップで
簡単に画面作成

azbil

28

≫マルチデバイス

PCやタブレット、スマートフォンなどブラウザが動作する端末で
利用シーンに合わせた記録作業を支援

azbil

29

≫データ記録

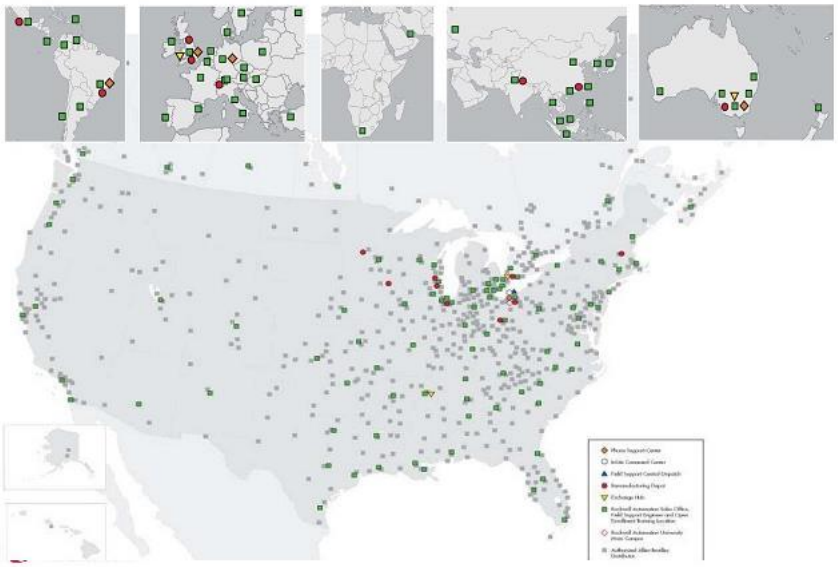
記録データはクラウド環境へ保存
CSV出力データをExcelやBIツールなど利用し
お客様が自由に加工

azbil

30

付録 2-6. MES ベンダー講演 4: ロックウエル・オートメーションジャパン(株)

世界規模のネットーワーク



北米(NA)
300 営業 & サポート拠点
9500+ 従業員

ラテンアメリカ(LA)
30 + 営業 & サポート拠点
4400+ 従業員

欧州、中東、アフリカ (EMEA)
90+ 営業 & サポート拠点
4300+ 従業員

アジア(AP)
60+ 営業 & サポート拠点
4000+ 従業員

PUBLIC | Copyright ©2021 Rockwell Automation, Inc. 3

Rockwell Automation の日本での事業

- 会社名:ロックウェル オートメーション ジャパン株式会社
- 代表取締役:矢田 智巳
- 設立日:1981年2月12日
- オフィス:
  - 本社:
    〒104-0033 東京都中央区新川1-3-17 新川三幸ビル
    TEL: 03-3206-2786　FAX: 03-3206-2796
  - 関西支店:
    〒532-0003 大阪市淀川区宮原4-1-14 住友生命新大阪北ビル
    TEL: 06-6397-1020　FAX: 06-6397-1090
  - 中部支店:
    〒460-0003 名古屋市中区錦1-6-5 名古屋錦シティビル
    TEL: 052-222-7060　FAX: 052-222-7065

Rockwell Automation

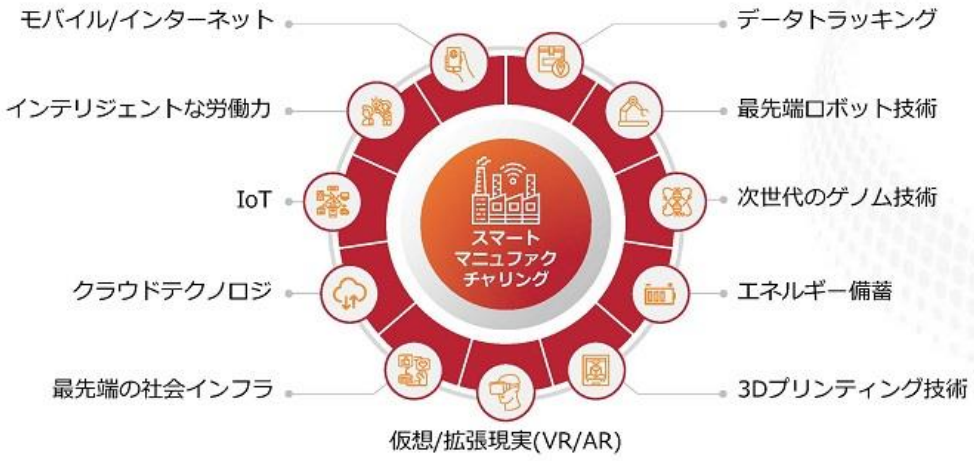
PUBLIC | Copyright ©2021 Rockwell Automation, Inc. 4

スマートマニュファクチャリング
それはビジネス、つまり製造現場のアナログ/デジタル双方のプロセスとすべてのバリューチェーンを上手く組合わせ、リアルタイムでインテリジェントな最適化を実現するものである。
- MESA Smart Manufacturing Working Group
PUBLIC | Copyright ©2021 Rockwell Automation, Inc. |
5
Rockwell Automation

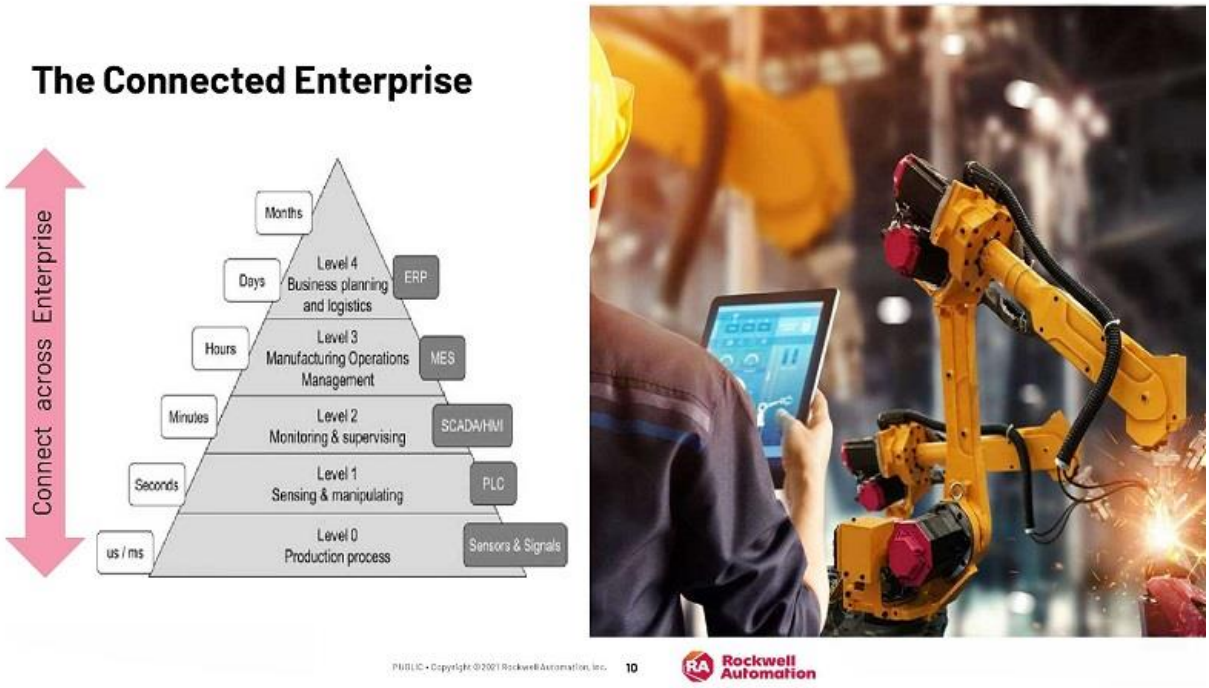
かつてのモノづくり vs. スマートマニュファクチャリング
キャパシティ重視 vs 能力重視
低賃金労働者 vs 賢い労働者
大量生産 vs デジタル化された工場
生産量重視 vs 顧客需要重視
生産性 vs 柔軟性と対応力

スマートなモノづくりとは？

スマートマニュファクチャリングを構成するもの…　多種多様な情報



The Connected Enterprise
スマートマニュファクチャリングが弊社のビジョン
新しい知見情報と制御システムの統合とビジネスの結果を導くため、
ITとOTの融合によるデータ共創モデルでの継続的高生産の実現
迅速な
市場導入
運転
生産性
資産管理と
信頼性
企業における
リスク管理


The Connected Enterprise
Connect across Enterprise
Months
Days
Hours
Minutes
Seconds
us / ms
Level 4
Business planning
and logistics
ERP
Level 3
Manufacturing Operations
Management
MES
Level 2
Monitoring & supervising
SCADA/HMI
Level 1
Sensing & manipulating
PLC
Level 0
Production process
Sensors & Signals
PUBLIC • Copyright © 2021 Rockwell Automation, Inc.
10
Rockwell
Automation

The Connected Enterprise

ロックウェルオートメーションにおけるデジタルトランスフォーメーション

在庫保有日数	資本的支出(CAPEX)	出荷受注比率	納期/製造日数	品質
120日から82日	30%の資本回避	82%から96%	50%削減	60%改善

年間5%以上の全社生産性の改善

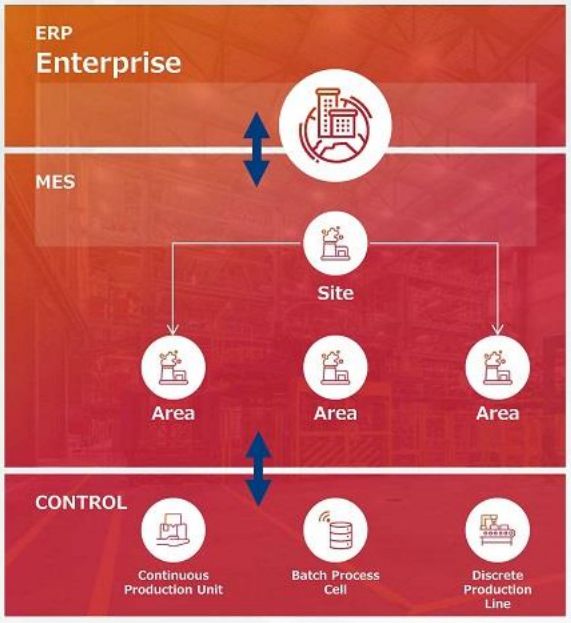
PUBLIC | Copyright ©2021 Rockwell Automation, Inc. | 11 Rockwell Automation

MESに期待される役割

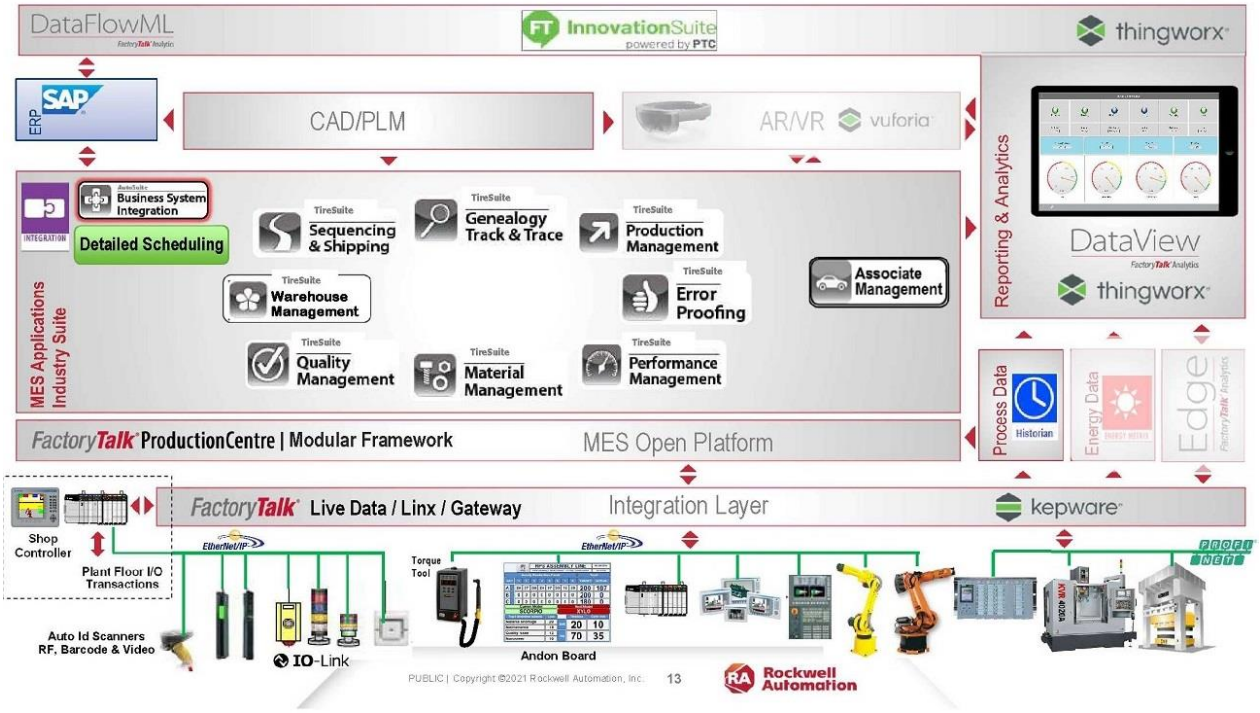
基幹システムと製造現場を繋ぎ、現場からのデータを意思決定に必要な"情報"に

➔適切な情報を適切な人に適切なタイミングで提供

- 製造現場における経営資源（ヒト/モノ/カネ）の管理のための可視化
- 受注状況を鑑みた迅速かつ適切な製造指示
- 品質目標の管理と達成
- 法令順守の徹底
- 設備稼働の最適化に向けた各種調整(人材配置/予兆診断等々)



PUBLIC | Copyright ©2021 Rockwell Automation, Inc. | 12 Rockwell Automation



製造実行ソリューション

Full Package MES

Light MES

PLEX Cloud Based MES

Plexはクラウドによるスマートマニュファクチャリングのプラットフォームを SaaSで提供するリーディングカンパニーであり、MESやサプライチェーン、品質管理などの先端技術のシステムをプロセス系およびディスクリート系の製造業界に提供している企業です。

シングルインスタンスかつマルチテナントでのSaaS Production Platformであり、お客様の規模や機能に応じたシステムをクラウドで提供します。

$150M+
2020 年売上額

8B+
1日のトランザクション数

11 years
2桁成長中

700+
顧客数

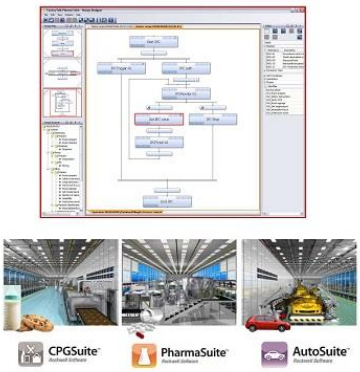
500
従業員数

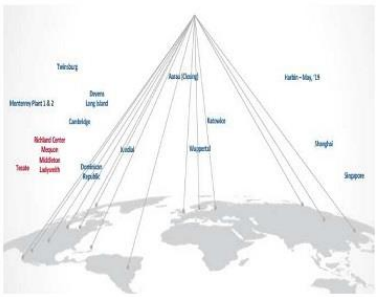
96%
契約更新率

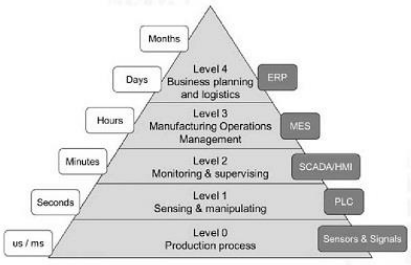
PUBLIC

Rockwell Automation MESの特長

① 既存テンプレートの活用が可能　② Global Deployment/Service Capability　③ 階層間 システム連携







本日のまとめ

1. スマート マニュファクチャリングは多種多様でスマートな技術と人の融合であり多くの情報を生む
2. 経営から現場まで一気通貫の情報管理から生まれる価値（The Connected Enterprise）
3. MESの役割は「基幹システムと製造現場の繋ぎ」と「製造プロセスの高度化・効率化」
4. ニーズに合わせたMESソリューション
   - Full Package MES　FactoryTalk ProductionCentre
   - Light MES　thingworx
   - Cloud Based MES　PLEX

Rockwell Automation
PUBLIC | Copyright ©2021 Rockwell Automation, Inc.

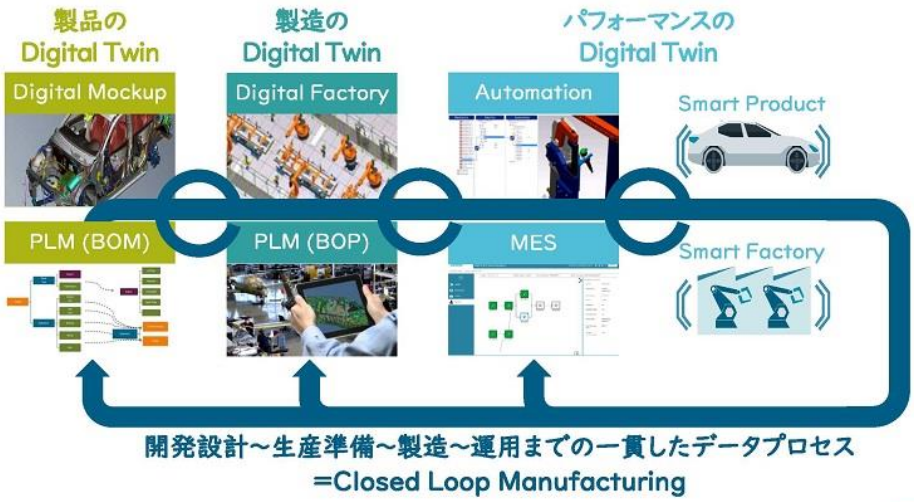
付録 2-7. MES ベンダー講演５： シーメンス(株)

繋がるMESってどういうこと?
～ シーメンスのデジタルエンタープライズとMES ～

シーメンス株式会社 ポートフォリオ開発本部 コンサルタント 境田 千洋

SIEMENS

デジタルエンタープライズとは...
- 3つのデジタルツインとクローズドループ



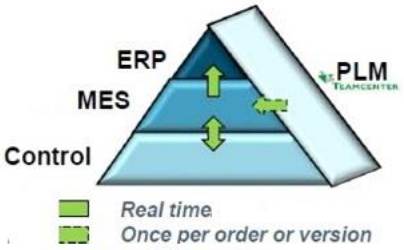
SIEMENS

シーメンス自身がデジタルエンタープライズを実現
－モデル工場（ドイツ アンベルグ）の特徴

デジタルエンタープライズの威力
－マザーファクトリーのグローバル展開

デジタルエンタープライズの威力
－ スマートファクトリー第二工場 中国成都

- 製造の自動化
- 物流の自動化
- 情報の自動化（Driven by Siemens DI Software）



- PLM as 製品マスター
- MES as 工場データプラットフォーム
- シンプルな製造システム

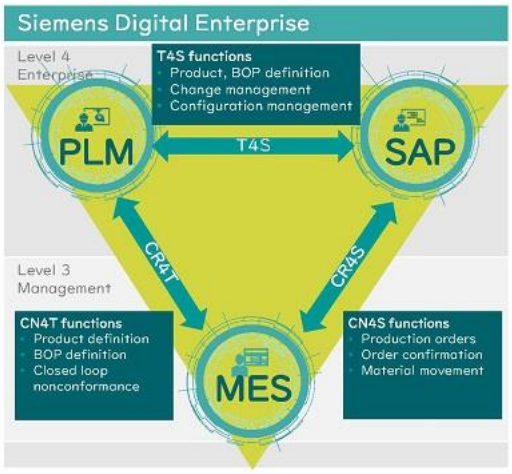
- 同人数の技術スタッフでの増産
- 電動化

- ライン稼動時 10.4 dpm達成
- 現在ドイツを凌ぐ品質レベル到達（6.9 dpm）

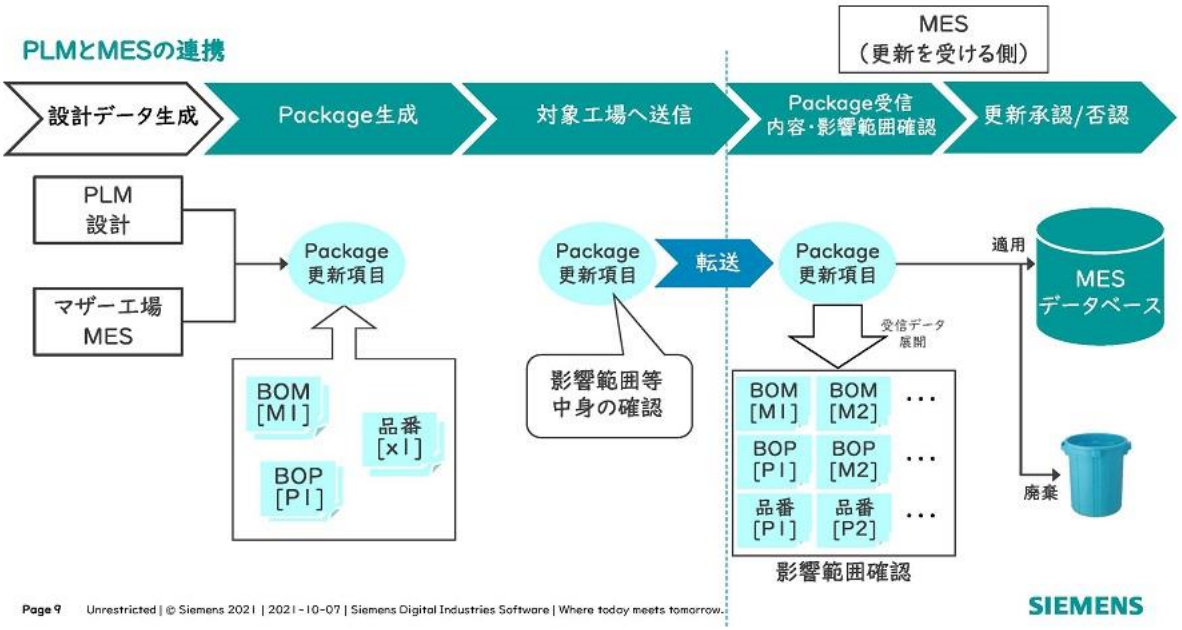
SIEMENS

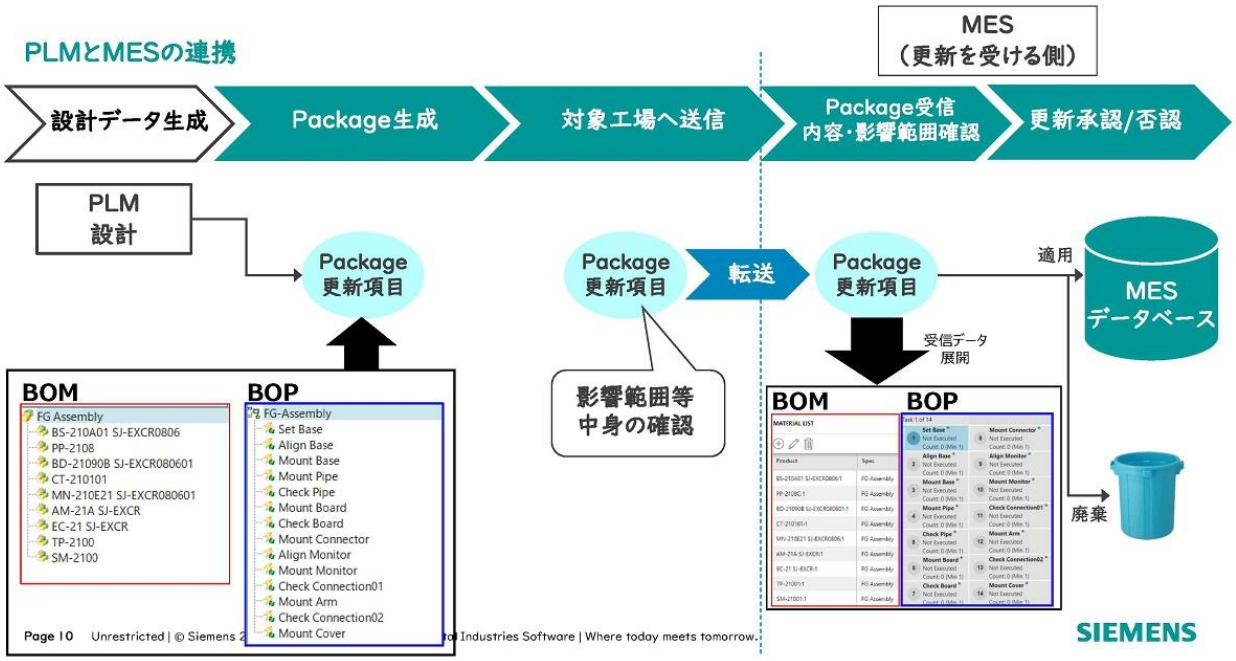
Closed Loop Manufacturing (CLM)
– Golden Triangle (Teamcenter-SAP-Opcenter EX CR)

- PLMから部品表（BOM）情報をERP、MESに渡す
- PLMの工程表（BOP）情報をMESに渡し、MESは工程、オペレーション、作業手順情報を作る
- PLMで変更された部品情報や工程情報は、ERP側にも製造バージョンとして渡され、管理される
- ERPからの生産指示を基に、MESはPLMのBOM/BOPの情報を紐づけて製造指示を作成する
- MESが製造を実行し、その結果はERPとPLMにフィードバックされる
- 製造現場における不適合や逸脱は、MESからPLMへ不適合報告として連携される
- PLMユーザは現場の不適合情報をPLMシステム内から確認することができ、その修正を行い、MESに設計変更を伝達する

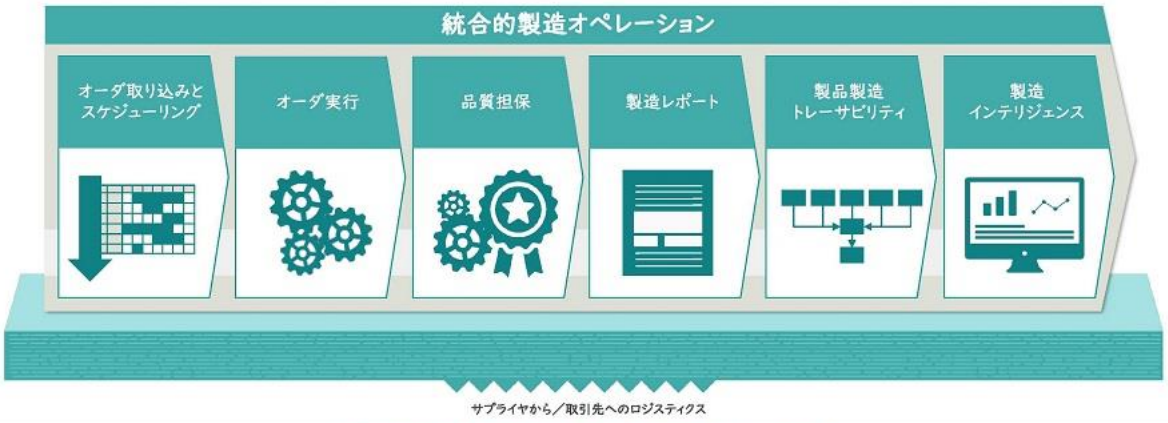


SIEMENS


PLMとMESの連携
MES
（更新を受ける側）
設計データ生成
Package生成
対象工場へ送信
Package受信
内容・影響範囲確認
更新承認/否認
PLM
設計
マザー工場
MES
Package
更新項目
BOM
[M1]
品番
[x1]
BOP
[P1]
Package
更新項目
転送
Package
更新項目
影響範囲等
中身の確認
受信データ
展開
BOM
[M1]
BOM
[M2]
BOP
[P1]
BOP
[M2]
品番
[P1]
品番
[P2]
影響範囲確認
適用
MES
データベース
廃棄
Page 9
Unrestricted | © Siemens 2021 | 2021-10-07 | Siemens Digital Industries Software | Where today meets tomorrow.
SIEMENS


PLMとMESの連携
MES
（更新を受ける側）
設計データ生成
Package生成
対象工場へ送信
Package受信
内容・影響範囲確認
更新承認/否認
PLM
設計
Package
更新項目
BOM
FG Assembly
BS-210A01 SJ-EXCR0806
PP-2108
BD-21090B SJ-EXCR080601
CT-210101
MN-210E21 SJ-EXCR080601
AM-21A SJ-EXCR
EC-21 SJ-EXCR
TP-2100
SM-2100
BOP
FG-Assembly
Set Base
Align Base
Mount Base
Mount Pipe
Check Pipe
Mount Board
Check Board
Mount Connector
Align Monitor
Mount Monitor
Check Connection01
Mount Arm
Check Connection02
Mount Cover
Package
更新項目
転送
Package
更新項目
影響範囲等
中身の確認
受信データ
展開
BOM
BOP
適用
MES
データベース
廃棄
Page 10
Unrestricted | © Siemens
Industries Software | Where today meets tomorrow.
SIEMENS

シーメンスのMES “Opcenter Execution”
– 機能概要



スマートな指揮・監督と必要なデータ生成・データ収集
および製造領域における適切なアクションを支援する情報の見える化

SIEMENS

シーメンスのMES “Opcenter Execution”
– お客様の典型的な業務プロセス（Before）

製造領域にありがちな例

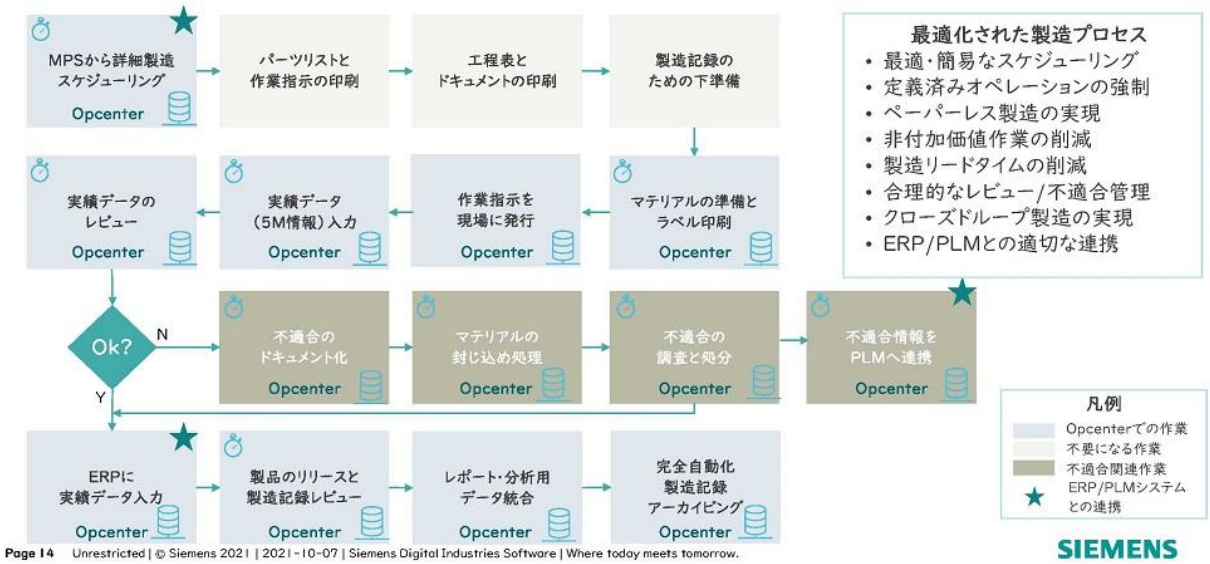
- 紙ベースのプロセス
- エラー抑止機能の不全
- フィードバックプロセスの不在
- ERP/PLMとシステム分断
- レビューは全行程終了後
- 長い作業リードタイム

凡例

人間系での作業
不適合関連作業

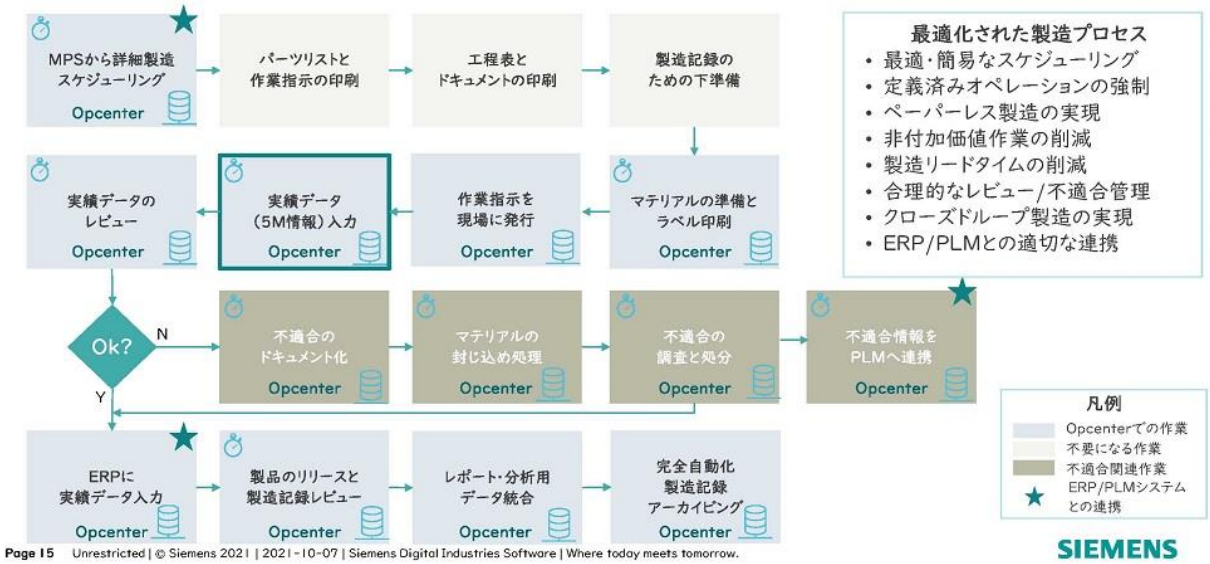
SIEMENS

シーメンスのMES “Opcenter Execution”
- シーメンスの提供する“あるべき”業務プロセス（After）



SIEMENS

シーメンスのMES “Opcenter Execution”
- 製造オペレーションの肝となる5Mの強制



SIEMENS

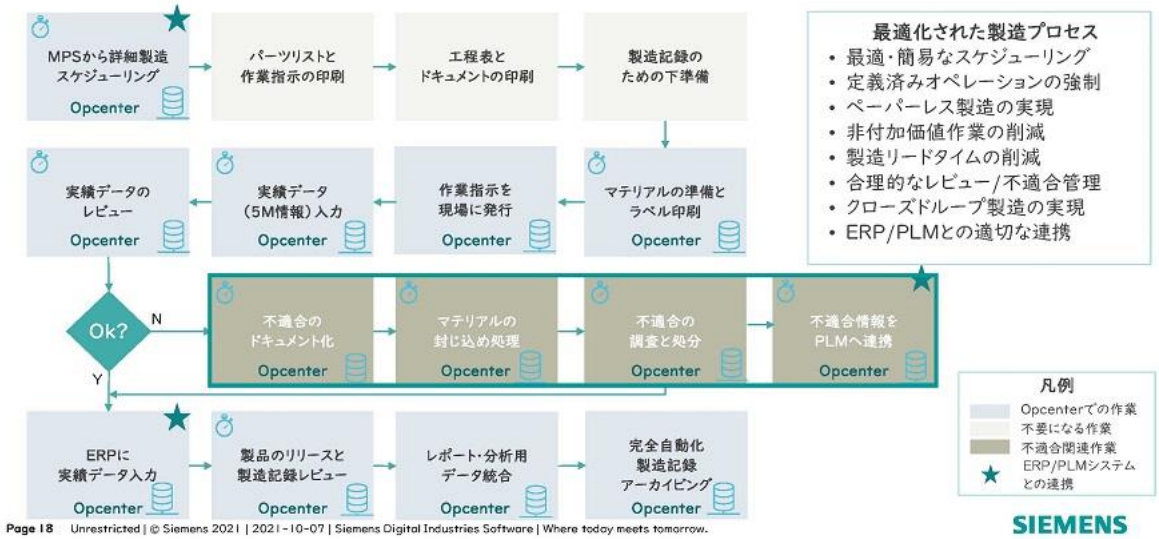
5M情報を記録

SIEMENS

5M情報を記録

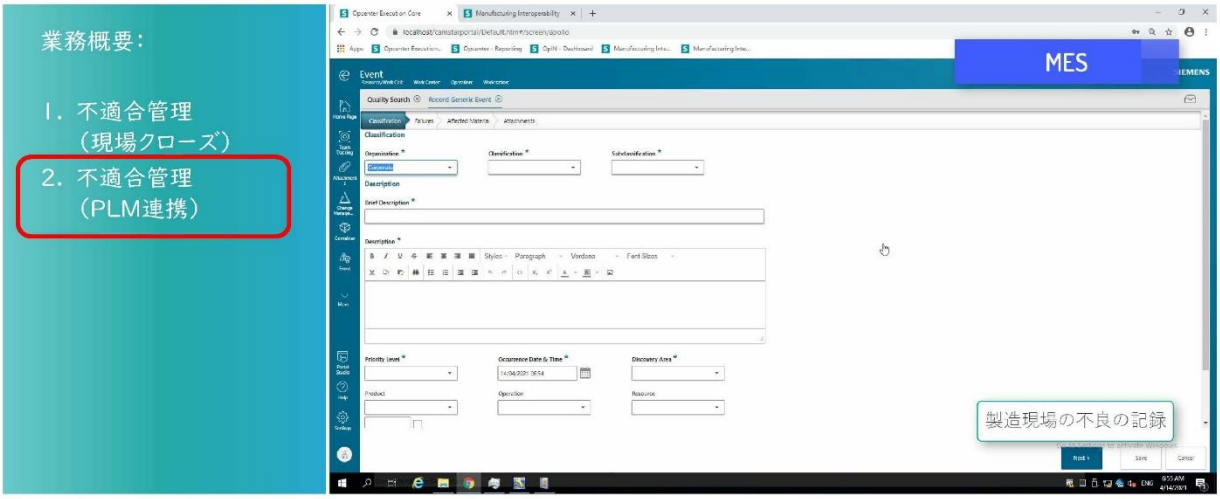
SIEMENS

シーメンスのMES “Opcenter Execution”
– 現場不適合の着実なキャプチャとPLM連携

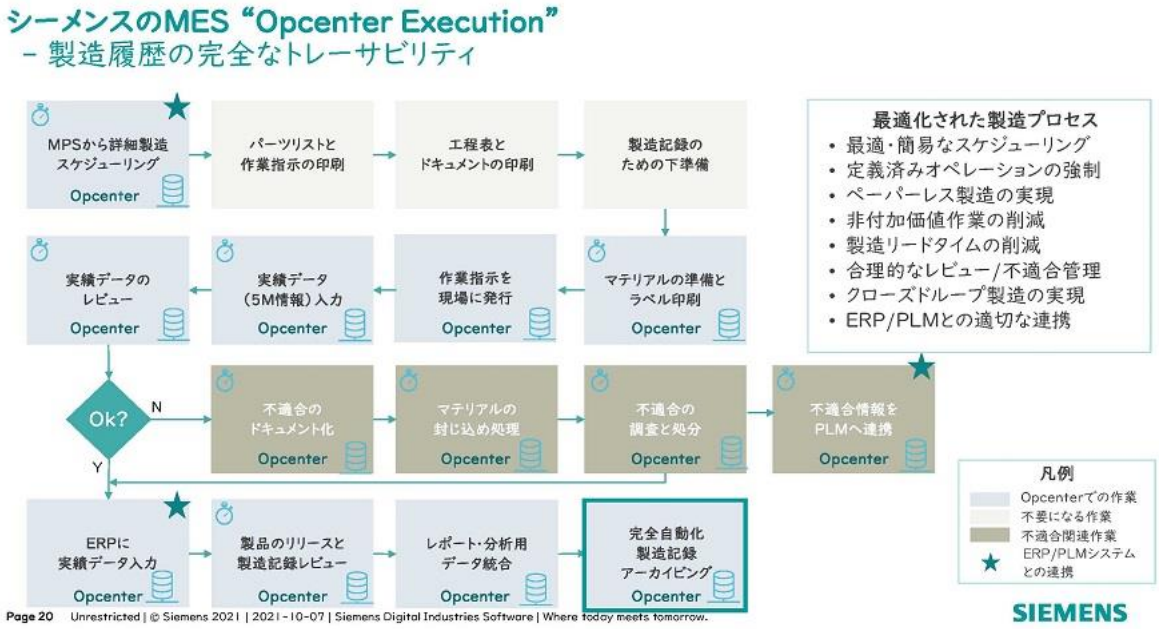


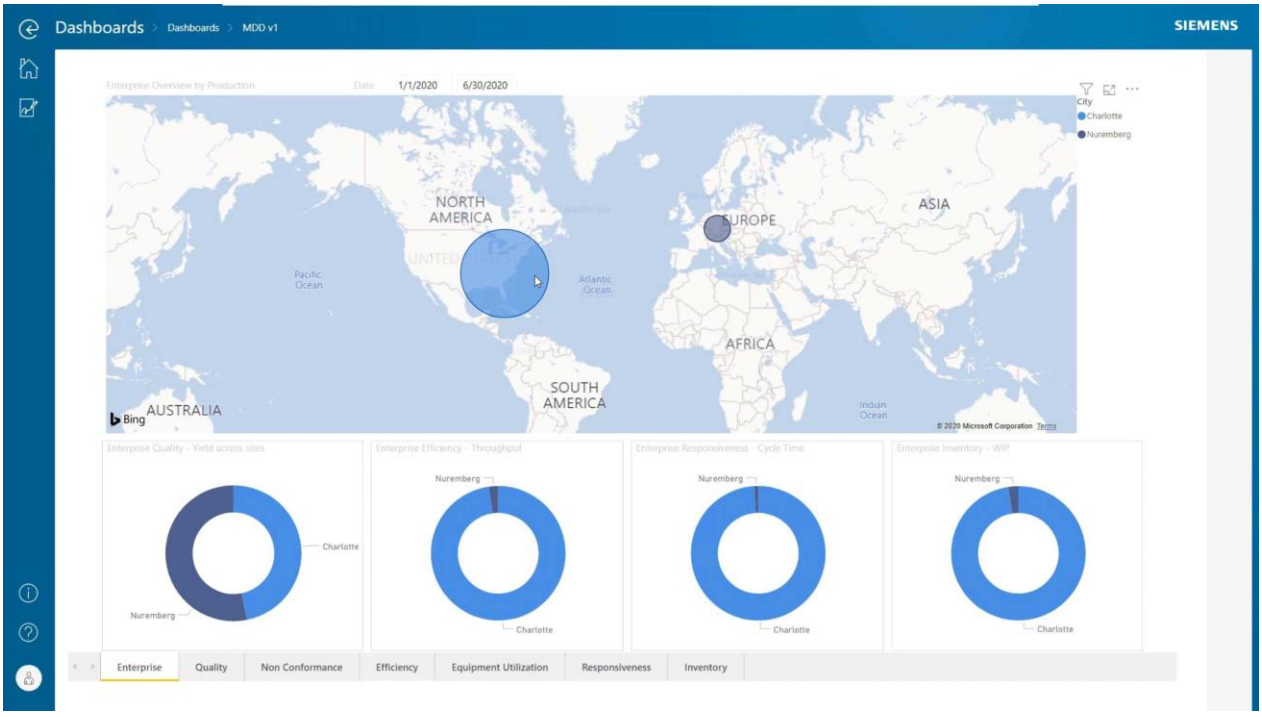
SIEMENS

品質課題–不適合管理



SIEMENS


シーメンスのMES “Opcenter Execution”
－製造履歴の完全なトレーサビリティ
MPSから詳細製造スケジューリング
Opcenter
パーツリストと作業指示の印刷
工程表とドキュメントの印刷
製造記録のための下準備
マテリアルの準備とラベル印刷
Opcenter
作業指示を現場に発行
Opcenter
実績データ（5M情報）入力
Opcenter
実績データのレビュー
Opcenter
Ok?
N
Y
不適合のドキュメント化
Opcenter
マテリアルの封じ込め処理
Opcenter
不適合の調査と処分
Opcenter
不適合情報をPLMへ連携
Opcenter
ERPに実績データ入力
Opcenter
製品のリリースと製造記録レビュー
Opcenter
レポート・分析用データ統合
Opcenter
完全自動化製造記録アーカイビング
Opcenter
最適化された製造プロセス
• 最適・簡易なスケジューリング
• 定義済みオペレーションの強制
• ペーパーレス製造の実現
• 非付加価値作業の削減
• 製造リードタイムの削減
• 合理的なレビュー/不適合管理
• クローズドループ製造の実現
• ERP/PLMとの適切な連携
凡例
Opcenterでの作業
不要になる作業
不適合関連作業
ERP/PLMシステムとの連携
SIEMENS
Page 20 Unrestricted | © Siemens 2021 | 2021-10-07 | Siemens Digital Industries Software | Where today meets tomorrow.


Dashboards
Dashboards
MDD v1
SIEMENS
Enterprise Overview by Production
Date 1/1/2020 6/30/2020
City
Charlotte
Nuremberg
NORTH AMERICA
EUROPE
ASIA
AFRICA
SOUTH AMERICA
AUSTRALIA
Pacific Ocean
Atlantic Ocean
Indian Ocean
Bing
© 2020 Microsoft Corporation
Enterprise Quality - Yield across sites
Enterprise Efficiency - Throughput
Enterprise Responsiveness - Cycle Time
Enterprise Inventory - WIP
Enterprise
Quality
Non Conformance
Efficiency
Equipment Utilization
Responsiveness
Inventory

付録 2-8. 基調講演 2：経営者目線から見た MES の重要性

ENAA 一般財団法人 エンジニアリング協会
次世代スマート工場のエンジニアリング研究会

公開シンポジウム（無料）2021年10月7日
工場スマート化のための製造実行システム“MES” その現在と将来

「経営者からみたMESの重要性と課題」

藤野直明（n-fujino@nri.co.jp）
研究会　事例調査分科会リーダー
（株式会社　野村総合研究所　主席研究員）
（日本経営工学会　副会長）
（日本オペレーションズマネジメント＆戦略学会　理事）
（日本オペレーションズリサーチ学会　フェロー）
（早稲田大学理工学術院　大学院　情報生産システム研究科　客員教授）

NRI　Share the Next Values!

「経営者からみたMESの重要性と課題」　ENAA

§1．MES・MOM or スマートマニュファクチャリングの重要性

1．経営層との対話　「単なる短期利益への貢献に限らない、下記の重要性はよくわかる。」
　1）製造技術の継承、持続性の担保
　2）事業のスケーラビリティの確保　事業機会を逃さない円滑な生産規模
　3）円滑な海外事業展開
　4）M&Aとその後のPMI（円滑な生産技術、製造ノウハウの移転）力
　5）ソフトウェアを活用した製造業のサービス化（サービタイゼーション）

2．「しかし課題は、頭でわかっても身体が動かないことだ。」
　1）現場は「FAやMESは、現場をブラックボックス化し、現場のKAIZENを阻害する」と言う。
　2）現場は「KAIZENで十分です。大きなデジタル投資はリスクがあります。」と言う。
　3）そもそも現場からの意見や起案だけに依存していて上記の課題は解決するのか。
　　しかし、あまり間接部門は拡大したくない。間接部門の管理の方法、KPIの設定が曖昧だ。
　　誰に任せればよいのかが、わからない。

Copyright (C) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved. NRI 1

「経営者からみたMESの重要性と課題」

ENAA

§2　現場からみたMES・MOMの活用の課題は何か

1．ＭＥＳ・ＭＯＭは実は詳しく調査してはいない。そもそもベンダーさんの営業はあまり来ないし、来てもあまり熱心ではない。

○「今日のセミナーでようやくMES・MOMが重要だと理解した。しかしながら、下記の問題がある。」

2．学習する機会がない。ベンダーの営業トークだけでは本格的な投資はできない。本格的に学習できる場所が必要だ。

3．担当組織がない。MES、MOMは、設計、生産技術、製造分野を跨るプロジェクトであり、かつＩＴ部門の管掌範囲を超える分野であるため、明確な推進部署が見当たらない。
・現場からボトムアップで挙げる話ではないし、特定現場で導入しても効果は乏しい。

4．ＭＥＳ・ＭＯＭへの投資に責任を負う担当役員が、組織上存在しない。特にＭＯＭに至っては、サービス提供までが範囲であり、企画・開発・設計・生産技術・製造・運用・保守・廃棄までの全体プロセスについて一貫したオペレーション管理を行う部門は弊社には事実上存在し無い。社長のトップダウンとしても担当役員が存在しなければ動かないのである。

5．そもそも投資評価の方法がわからない。短期的な投資効果だけで投資できる金額ではない。
・企業の基礎体力的な領域と思うが、現在の経営ではこのような中長期的な投資判断は難しい。

6．研究開発部門で検討して欲しいものだが、研究開発は量産前の基礎研究という縛りがあり、「企画・開発・設計・生産技術・製造・運用・保守・廃棄まで」の製品ライフサイクルの全体プロセスのマネジメントやＯＭについて、研究する仕組みになっていない。
・弊社は、他社と根本的に異なる。弊社特有の弱点かもしれない。

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved. NRI　2

ENAA

■MES・MOMをもう一度本格的に学習・検討していきませんか？

Copyright (C)　Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved. NRI　3

付録 2-9. 各講演に対する質疑応答

講演中に頂いた受講者質問(抜粋)への回答 (1/3)

● 電機メーカものづくり改革推進部門の方
Q 佐藤さん基調講演中で触れられていた、「製造マネジメント業務の3つの機能」とは、「モニタリングする」「繋ぐ」とあと1つ何か？(聞き取れなかった)。

A(佐藤)生産現場に指示する、生産現場をモニタリングする、生産現場と管理側とを双方向に繋ぐの3つです

● 航空機メーカ生産・調達・製造部門の方
Q アズビル講演中に、一斉棚卸から循環棚卸へ転換できたとあるが、それができた理由は？

A(アズビル) 工場によって流し方も様々で全ての工場が転換できている訳では無いが、製造記録が継続して取得できるようになってきており、監査法人の承認という手続きもクリアすれば今年度中に棚卸方法の転換ができると見込んでいる。

講演中に頂いた受講者質問(抜粋)への回答 (2/3)

● 経営コンサルタントの方
Q SAPのMRPで工程計画、指示を作ろうとしているユーザでの工程トラブルが多発しておりMESで代替ができないかと考えている。UpperMESの計画機能とERPの製造計画機能とは重複する側面もあるように思うが、どんな使い分けが考えられるか。

A(佐藤)MRPは米国流の計画生産が前提であり、基本生産計画から部品展開、さらには資材購買計画までも取り込むことが基本。
これらの部分をERPとしては持つのが当然という意識を何らか変えて、MESの計画機能で置き換えられるかが乗り越えるべき壁。

A(ダッソー・システムズ)生産の基準計画と順序計画(スケジューラー)が連動していないのが日本の課題か。ダッソーのMES製品(Apriso)では、こうした日本の現場にも順序計画を組み込めるような工夫をしている。スケジューラー等との役割分担を決めることが鍵。

A(シーメンス)当社のMES製品にもスケジューラー機能があるが、日本の現場では熟練ノウハウがあり、実装に苦労することが多い。現場の細かな状況をシミュレーションすることで、シミュレータをスケジューラーの代替とするということをやっている。

講演中に頂いた受講者質問(抜粋)への回答　(3/3)

● 化学メーカ生産・調達・製造部門の方
Q 工場の一部門内でスケジューラ導入と見える化の実現を目指している。将来は工場全体にMES導入ということも想定すると、スケジューラーとそれらを包括するMESとのレベル違いを考慮して、今の段階からどんな準備が必要か？
A(佐藤)大きく二点あるのでは。まず、マスターデータを準備しておく必要がある。次に、スケジューラーを稼働させ、スケジュールのローリングをさせたときに、生産状態を随時スケジューラーにフィードバック(モニタリングする)する必要がある。
A(ロックウエルオートメーション)MES導入ありきではなく、まず現場の課題を正確に把握することが必要。工場の規模、機能によってはMESがオーバースペックとなるケースもあり、その場合はLight MESの実装も可能。仮に現場のペーパレス化、見えるかのみが目的でよいならそうした選択肢もある。

● 慶応大学　管理工学科 松川 先生(研究会主査)
Q 現在のAIは過去のデータを分析してパターンを見つけるものが多いようだが，製造プロセスのデータ分析を行うAIはどんなエンジンなのか？
A(横河ソリューション)現場の課題を解決できる様々なAI製品が過去15年程の間に揃ってきており、どんな現場の課題か？が明確になれば最適なAI製品を提案し、それをMESに組み込むことができる。
A(ロックウエルオートメーション)　過去の生産データを分析して、過去には欠測していたデータも予測する、さらには近い将来どのような生産データとなるか、保全が必要になるかを予測する、といったAIも提供できるようになっている。

来歴

改符	年月日	内容
0	2022/1/28	初版発行
1	2022/4/11	調査先に関する表記を修正

国内工場における MES（製造実行システム）導入動向等調査報告書

発行日：　2022 年 1 月
発行者：　一般財団法人　エンジニアリング協会
〒105-0041 東京都港区麻布台 1-11-9 BPR プレイス神谷町 9 階
電話　03-6441-2910　（代表）
ウエブサイト www.enaa.or.jp

（様式２）

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：令和３年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費
（ルール形成戦略に係る調査研究（無線通信技術の本格活用を通じたフレキシブルでスマートな製造現場の実現を可能とする国際的な市場の創設に関する調査））最終報告書

委託事業名：令和３年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費　（ルール形成戦略に係る調査研究（無線通信技術の本格活用を通じたフレキシブルでスマートな製造現場の実現を可能とする国際的な市場の創設に関する調査））

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
7		安川電機のビジネスモデル変革
8		センシング・データ蓄積/解析・フィードバック
8		危険作業の低減と生産性の向上
9		SIP「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」のCPS 型レーザ加工機システムの研究開発
10		データ主権とデータ流通のトレードオフ
10		リファレンスモデルとワンチップ化によるデプロイ
14		AASによりMachine to Machineのコミュニケーションなど CPSのデータ連携を実現
15		AAS ヘッダーとボディより構成されている
16		CPSチップのAll in oneパッケージ化（５G、AI、（量子アニーリング））
16		All in oneパッケージ化へのTSMCエコシステム
16		All in oneパッケージへのペンタゴンの積極投資
19		クラウドAIだけでなくエッジAIを組合せることで現状セキュリティやレイテンシなどの制約で困難な領域までデータ駆動の対象が広がりイノベーションが加速する
21		SRIのDeep Adaptive Semantic Logic ：DASL

（様式２）

21		統計数理研究所の転移学習によるMI
24		無線化により組合せ最適化に向け量子コンピュータも重要な要素技術のひとつ
25		量子アニーリングのアプリケーションとして製造、ロジスティクスは一定のまとまり感が存在
26		D-Waveの活用事例でも製造業のアプリケーションは拡大中
27		製造業のトッププレイヤが積極的に量子コンピュータの活用に向けて取組む
30		ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワークのアーキテクチャー進化はメインストリームのトレンド
30		Tacitコンピューティング
33		参考：ヘテロジニアスコンピューティング・ネットワーク化によりエネルギー問題を解消
36		5G基地局ハードウェアのタイムパフォーマンス
37		NTTグループは基盤PF戦略に向けた垂直統合路線の中でデバイス内製化を志向
38		IOWN（AFN、Tacit）と社会インフラで勝ち筋を見つける
39		NTTのIOWNコンソーシアムにはintel、MS、Oracle、nVidia等のスーパーパワーも参画
41		サスティナビリティと親和性の高い企業体としてブランディングを強化
42		参考：Industie4.0の2030Vision
43		SiemensはGAIA-XのFounding Membersであり、同PFエコシステム形成により市場拡大を狙う
44		社会のサスティナビリティを支える基盤、顧客ビジネスのサスティナビリティを支える基盤を提供するサプライヤとしてのポジショニングの強み
45		シーメンスはサスティナビリティが将来の事業機会につながるとの基本戦略を有している
46		サスティナビリティとデジタル（リアルとデジタル）で高成長を狙う
47		スマート保守はCEのフラッグシップ的なユースケースと位置づけられる
48		協調状態監視の狙い
49		CE、CNはSiemensのシームレスなデジタルソリューションの必然性を謳うマーケティングに活用
50		CN、CEのためのデータ流通基盤の整備に向けた検討が進む
63		世界のセンサ市場
64		ハイテク・通信、自動車・組立のAI利用率が高い
65		販売・マーケ、開発、サービスでのAI利用率が高い。

（様式２）

66		Global AI Market (2019-27E) (USD Bn.)
67		日本のセクター別AI市場
68		国内産業向け5G関連市場
69		世界のエッジコンピューティング市場
70		産業別市場規模と成長率
71		世界のパブリッククラウドサービスの市場規模は2022年で$364B
72		国内のクラウド市場は2025年にプライベートが2.8兆円、パブリックが2.9兆円まで成長
73		量子コンピュータのタイプ別市場ポテンシャル
74		量子コンピュータのタイプ別市場ポテンシャル
75		CE・CNが生み出す経済効果は 2030 年までに4.5兆ドル
76		デジタルへの投入係数は凡そ3%程度と推測される
78		IEEE、ISO/IEC、ITU等がAIに関する主な標準化委員会となる
79		Ethically Aligned Design (EAD)の概念的枠組み
80		IEEEのEthically Aligned Design (EAD)
81		『人間中心のAI社会原則』が日本における根本規範的な位置づけを果たす
82		AIガバナンスの 構造
83		JEITA国際標準化戦略研究会が標準化を推進
84		JEITA国際標準化戦略研究会が標準化を推進
90		確保が課題となっている人材（複数回答、最重視項目）
91		日本はセンサ、MEMSの技術蓄積が豊富であり、世界的なポジションも高い
92		日本はセンサ、MEMSの技術蓄積が豊富であり、世界的なポジションも高い
96		AI開発のアジャイル化による高速実装、対応可能データバラエティ拡張
97		無線のソフト化と同調したエッジAIのアジャイル化が今後の課題
98		自動車産業にはIoTを用いた異常検知、状態監視のノウハウの蓄積が豊富に存在
100		参考：記号創発ロボティクス
105		日本の量子アニーリングのPoCの一例
106		量子アニーリング方式の上位5カ国出願件推移
163		システムイメージ
164		スマートファクトリー導入ステップ
165		FA-IT案件事例

（様式２）

214		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
215		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
216		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
217		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
218		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
219		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
220		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
221		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）
222		付録2-7.MESベンダ講演5：シーメンス（株）