データ時代の FA システム進化と標準化技術に関する概念検証

尾崎 敏之

近年、製造業ではデータ活用の重要性が高まっている。FA（Factory Automation）システムは従来の制御中心型からデータ中心型への転換が求められており、IoT や AI、クラウド技術の進展を背景に、エンジニアリングチェーンおよびサプライチェーンの両面でデータ連携・標準化技術の活用が不可欠となっている。本論文では、オムロンによる PoC（概念実証）を通じて、製品ライフサイクルトレーサビリティ、環境負荷の可視化、顧客向け情報開示、スマートメンテナンス、生産ラインの柔軟化、出荷・検査の自動化の 6 つのユースケースを検証した。AAS（Asset Administration Shell）や OPC UA、GS1 Digital Link 等の標準化技術を活用することで、現場・設計・経営層が一体となったデータ活用基盤の構築が可能となり、製品ライフサイクル全体にわたるトレーサビリティの確保や環境負荷・品質情報の可視化、現場作業の効率化、サプライチェーン全体の信頼性向上など、多面的な価値創出を実現できることを確認した。今後は AI やデータ解析技術との連携、業界標準化への対応、グローバル展開など、持続可能なものづくりへの貢献が期待される。

A Conceptual Validation of the Evolution and Standardization Technologies of FA Systems in the Data Era

OZAKI Toshiyuki

The importance of data utilization in manufacturing has rapidly increased in recent years. Factory Automation (FA) systems are shifting from control-centric to data-centric architectures, driven by advances in IoT, AI, and cloud technologies. This paper presents OMRON's proof-of-concept (PoC) implementation, which verified six use cases: product lifecycle traceability, visualization of environmental impact, customer information disclosure, smart maintenance, flexible production lines, and automation of shipping and inspection. By leveraging standardization technologies such as Asset Administration Shell (AAS), OPC UA, and GS1 Digital Link, it is possible to build a unified data utilization platform that enables collaboration among shop floor, design, and management layers. This enabled comprehensive traceability throughout the product lifecycle, visualization of environmental and quality information, improved operational efficiency, and enhanced reliability across the supply chain. In the future, collaboration with AI and data analytics, adaptation to industry standardization, and global expansion will be necessary to contribute to sustainable manufacturing.

1. まえがき

近年、製造業を取り巻く環境は大きく変化している。データ活用の重要性が急速に高まる中、FA（Factory Automation）システムは現場の制御に加えて情報を積極的に活用することが、ものづくり現場の競争力強化に不可欠となっている[1)]。IoT や AI、クラウド技術の進展により、現場で生成される膨大なデータをいかに収集・活用するかが企業競争力の源泉となっている。

一方、現場では「FA システムがどのように進化していくのか」「どのような標準化技術が必要か」が明確でない状況が続いている。欧州ではインダストリー 4.0 を中心にデータ連携・標準化が進展し、米国でもスマートマニュファクチャリングの潮流が加速している[2,3)]。なお、日本のものづくり現場では「多品種少量生産」「現場力」「技能

Contact : *OZAKI Toshiyuki* toshiyuki.ozaki@omron.com

継承」といった独自の強みが存在している。これらの特徴を活かしつつ、グローバルで運用可能なシステムの構築が求められる。

本論文では、こうした背景を踏まえ、顧客価値に応えるための FA システム進化の方向性を探るとともに、オムロンによる PoC（概念実証）を通じて、将来のものづくり像と必要な標準化技術の方向性を明らかにすることを目的とする。

2. 想定するユースケースと顧客価値

製造業におけるデータ活用は、主に「エンジニアリングチェーンマネジメント（ECM）」と「サプライチェーンマネジメント（SCM）」の 2 つの流れに分類される（図 1 参照）。

ECM は、製品設計、設備構成、制御プログラムなどの技術情報を設計・製造・運用の各工程で連携させる仕組みであり、設計変更や仕様更新をリアルタイムに現場へ反映することで、開発と生産の統合管理を可能にする。

一方、SCM は、部品調達から製造、出荷、保守、廃棄に至るまでの物流・品質・在庫・環境情報を企業間で共有・連携することで、需給バランスの最適化や持続可能な供給体制を実現する。

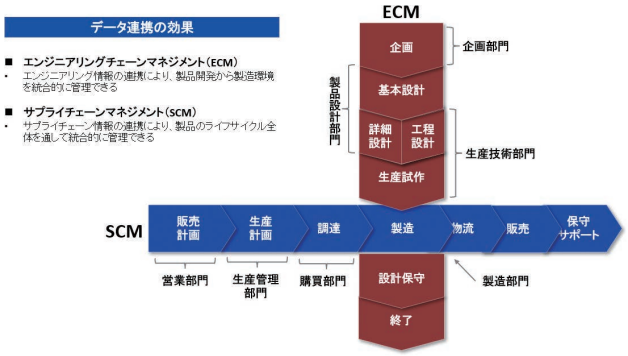

図 1　エンジニアリングチェーンマネジメントとサプライチェーンマネジメントの連携によるデータ活用効果

本論文では、これらのチェーンを横断的に活用し、グローバルな現場で普遍的に求められる代表的な 6 つのユースケースを整理した。これらは、製品ライフサイクルトレーサビリティ、環境負荷の可視化、顧客向け情報開示、スマートメンテナンス、生産ラインの柔軟化、出荷・検査の自動化である。なお、これら 6 つのユースケースは、製造業のバリューチェーン全体（設計・製造・出荷・保守・廃棄）を体系的にカバーするとともに、日本の現場に特有の「多品種少量生産」「現場力」「技能継承」といった課題にも対応可能な設計となっている。

このようなユースケースの整理により、グローバルな標準化技術を活用しつつ、日本の現場の強みや課題にも柔軟に対応できるデータ活用基盤の構築を目指す。

2.1 製品ライフサイクルトレーサビリティと品質保証

関連チェーン：ECM および SCM 全体

製品や部品に一意の識別子を付与し、設計・製造・出荷・使用・保守・廃棄までの全工程で履歴情報を追跡・管理することで、製品のライフサイクル全体を通じたトレーサビリティを実現する。この仕組みにより、顧客は製品の信頼性や安全性を確信でき、製造業者のブランド価値向上につながる。

2.2 環境負荷の可視化とサステナビリティ対応

関連チェーン：SCM（製造から販売まで）

製品や設備、部品ごとに CO_2 排出量を算定し、サプライチェーン全体でのデータ共有により、企業間での環境影響評価や国際規制への対応が加速する。顧客は透明性の高い環境情報をもとに製品を選択できる。

2.3 顧客向け製品情報開示と信頼性向上

関連チェーン：SCM（販売）

最終製品に印字された QR コードをスマートフォン等で読み取ることで、製品仕様、原産地、環境負荷、トレーサビリティ情報などを顧客が直接確認できる仕組みを構築する。これにより、ブランドの透明性と信頼性が向上し、ESG（Environmental, Social, and Governance）対応力の強化にもつながる。

2.4 スマートメンテナンスによるサービス品質向上

関連チェーン：ECM（製造から設計保守）＋SCM（製造から保守サポート）

設備や部品に識別コードを付与し、現場でスキャンすることで稼働履歴や保守履歴、摩耗状況などの情報に即時アクセス可能となる。これにより、ダウンタイムの削減、保守作業の効率化、設備稼働率の向上が可能となる。

2.5 生産ラインの柔軟化とカスタマイズ対応

関連チェーン：ECM（企画から設計保守）

製造装置や部品を自動識別し、Digital Twin に基づいて最適な設備設定を自動適用することで、工程状態を仮想空間でシミュレーション・最適化できる。これにより、顧客の多様なニーズに柔軟に対応できる生産体制が構築される。

2.6 出荷・検査・受入の自動化と信頼性向上

関連チェーン：SCM（調達から製造）

納入部品や出荷製品に付与された 2 次元コードをスキャンすることで、Digital Twin 上の製造・品質データと照合し、受入・検査・真贋確認を自動化する。これにより、顧客への納品品質と対応スピードが向上し、信頼性の高い取引が実現する。

3. 従来技術による方法

従来の FA システムでは、現場ごとに個別最適化された業務プロセスが長年運用されてきた。主な情報管理手段は紙や Excel による記録であり、設計変更や設備構成などのエンジニアリングチェーンの情報は現場にリアルタイムで反映されず、サプライチェーンにおいても部品調達や品質情報が企業間で分断されていた。

このため、情報の分断や属人化が発生しやすく、設計と製造、供給と保守が分断されることで、ユースケースで求められる全体最適やリアルタイムなデータ活用が困難となっていた。

これらの課題は、グローバルなものづくり現場に共通している。多品種少量生産への柔軟な対応、現場改善活動の知見の組織的共有、技能継承の効率化など、日本の現場に特有の課題に対しても、従来技術では十分な対応ができていなかった。

設計から製造、出荷、保守に至るまでの全工程で一貫したデータ連携を実現するためには、システム間の相互運用性を確保することが不可欠であり、標準化技術の導入による情報連携・業務効率化が求められている。

4. ユースケース実現に向けた PoC の検証項目

ユースケースを実現するためには、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンの各フェーズで関係者やデータの利用目的が異なるため、標準化された仕組みやコンテンツ、インターフェースの導入が不可欠である。

本章では、ユースケース実現のための PoC 検証内容を「データの記録」「データの共有」「Dataspace を含めたデータの活用」の 3 点から整理した。図 2 は PoC の全体像を示したものであり、製品生産時・流通時・稼働時の各フェーズで標準化技術の有効性を評価した。なお、Dataspace を「複数の企業やシステム間で、データ主権を保ったまま安全かつ柔軟にデータを共有・連携できる仕組み」と定義する。

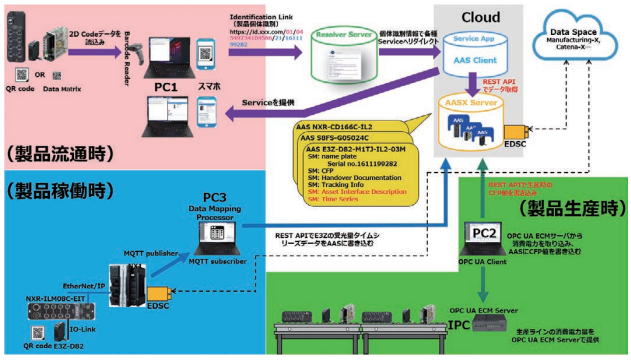

図 2　PoC の全体像

4.1 PoC で使用した標準化技術

本 PoC では、データの記録・共有・活用に関する各機能検証を具体化するため、現時点で有望かつ国際的な標準化技術を選定し、実装・評価を行った。以下に、活用した主要な標準化技術について概要を示す。

- Asset Administration Shell（AAS）[4–7]

  AAS は、インダストリー 4.0 における Digital Twin の中核技術であり、物理資産の属性や機能を標準化された形式で記述する枠組みである。これにより、異なるシステム間での情報交換が可能となり、製造業における自動化と相互運用性の向上に寄与する。AAS は、設計・製造・保守・廃棄までのライフサイクル情報を一元管理する基盤として機能する。

- OPC UA 情報モデル[8,9]

  OPC UA における情報モデルとは、アドレス空間上のノード（Object/Variable/Method/DataType 等）とそれらを結ぶ参照を用いて、設備やサービスの意味・構造を定義するメタモデルである。情報モデルは Type 定義（ObjectType/VariableType）とインスタンスで構成され、モデリングルールに従って汎用的かつ拡張可能に設計される。

- OPC UA for Energy Consumption Management（ECM）[10]

  OPC UA ECM は、エネルギー消費に関するデータの収集・管理を標準化する情報モデルである。OPC UA の通信基盤を活用し、設備のエネルギー使用状況をリアルタイムで可視化・分析することで、効率的なエネルギー管理を実現する。これにより、環境負荷の可視化や省エネ施策の推進が可能となる。

- REST API

  REST API は、Web 技術に基づくシステム間通信の標準的なインターフェースである。HTTP プロトコルを用いて、リソースの取得・更新・削除を簡潔に実行可能であり、軽量かつ柔軟性に優れる。IoT やクラウド環境との連携に広く利用されており、PoC では AAS や各種データベースとの情報連携に活用した。

- Identification Link [11]

  Identification Link は、製品や資産の識別情報をデジタルで一元管理する URI 構文と表現である。この PoC では、GS1 Digital Link を用いて、製品のライフサイクル全体にわたる情報追跡を可能にし、品質管理とトレーサビリティの強化を支援した。

- GS1 Digital Link[12]

  GS1 Digital Link は、製品識別子（GTIN など）を URI として表現する構文である。これにより、バーコードや RFID を通じて製品情報、トレーサビリティ、保証情報などにアクセス可能となり、サプライチェーンの透明性と効率性を向上させる。PoC では、QR コードを用いた個体識別や情報取得の基盤として活用した。

- Eclipse Dataspace Components（EDSC）[13)]

  EDSC は、企業間での安全かつ制御されたデータ共有を実現するオープンソースコンポーネントである。データ主権を保持しながら、信頼性の高いデータ連携を可能にする。欧州を中心にデータスペース構築に活用されており、今後の企業間連携やエコシステム形成の基盤技術として期待される。なお、EDSC は Dataspace Connector の主要な実装のひとつであり、Dataspace Connector を通じて企業間のデータ共有やアクセス制御を実現する。

4.2 データの記録

本 PoC では、図 3 に示すシステム構成を用い、製造現場における製品および設備情報の体系的な記録手法を検証した。記録対象は、(1) タイプ（形式）情報、(2) ロットごとの情報、(3) デバイス固有の情報（シリアルナンバーに紐付いた情報）の 3 階層である。

まず、各製品・設備に対し、AAS を用いて情報モデルを構築した。AAS は属性情報・履歴情報・環境負荷情報等を標準化されたデータ構造で記述した。各情報は AAS の標準仕様に従い管理され、タイプ・ロット・シリアルナンバーごとに一意にアクセス可能となるよう設計した。AAS のメタデータには、データの意味・構造・単位・関連性を明確化するためのセマンティクス情報を付与し、現場担当者・管理者・機械のいずれも一貫して理解・利用できるようにした。

実装手順は以下の通りである。

1. AAS 情報モデルの設計・生成
   - 製品・設備ごとに AAS 情報モデルを設計し、タイプ・ロット・シリアルナンバー階層の属性を定義した。
   - AAS 情報は、標準インターフェースによってアクセス可能なようにサーバ上に格納した。
2. QR コードの生成・付与
   - Identification Link 規格に基づき、各製品・設備に QR コードを生成・貼付した。
   - QR コードには Resolver へのアクセス URI を埋め込み、現場や顧客がスマートフォンや専用端末で情報取得可能とした。本論文では Resolver を、QR コードに格納された URI を入力として、Identification Link 規格に基づく識別子と情報リソースとの対応関係を解決し、利用者に対して適切な情報取得手段を提供する機能と定義する。
3. 情報記録・更新の運用
   - 製造・検査・保守工程で発生する履歴情報や環境負荷データを AAS に自動的に記録した（例：図 3 の製品稼働時の時系列データ参照）。
   - 生産設備は現場でよく使われている OPC UA の情報モデルで定義し、設備の情報を AAS の情報とスムーズに統合した（例：図 3 の製品生産時の OPC UA 参照）。
   - 設計変更や工程変更時は、AAS 情報をリアルタイムで更新し、現場・設計・経営層間で一貫した情報共有を実現した。

この仕組みにより、従来の紙や Excel による属人的な記録管理から脱却し、リアルタイムかつ体系的な情報記録・管理基盤を構築できることを確認した。

また、QR コードを介した現場・顧客による情報アクセスの容易化により、トレーサビリティ・品質保証・環境対応力の向上を実現した。

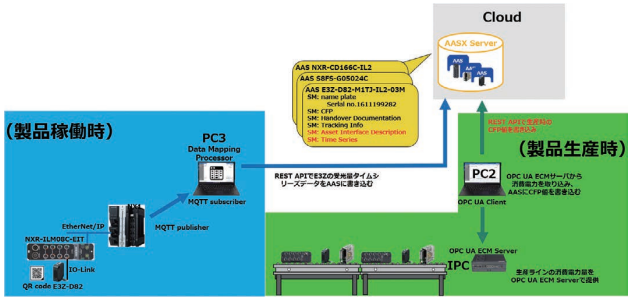

図 3　製品生産時および稼働時の情報の記録方法

4.3 データの共有

本 PoC では、図 4 に示すシステム構成を用い、製品および設備に関する情報を関係者間で安全かつ容易に共有する仕組みを検証した。共有対象は、AAS に記録されたタイプ・ロット・シリアルナンバーごとの情報であり、図 5 に示すように現場担当者は稼働履歴、設計部門はマニュアル、経営層は製造場所、サプライチェーンパートナーはロットや CFP 値など、それぞれの立場で必要な情報にアクセスできることを目指した。

情報共有の実現には、以下の標準化技術を活用した。

1. Identification Link を用いた QR コードの活用
   - Identification Link の実装として GS1 Digital Link 技術を採用し、粒度毎のアクセスに必要なタイプ・ロット・シリアルナンバーの情報を組み込みエンコーディングした。
   - 製品・設備に貼付された QR コード（GS1 Digital Link 規格）を現場担当者や顧客がスマートフォンや専用端末でスキャンすることで、AAS 情報への直接アクセスを可能とした。
2. Resolver による異なるサービスの実現

   それぞれのユーザからのリクエストに含まれているサービス情報を解釈し、該当する情報へのリダイレ

クトを実現した。

3. REST API の活用
   - サーバ上に格納された AAS 情報モデルを REST API を用い、関係者が必要な粒度（タイプ・ロット・シリアルナンバーごと）の情報にアクセス可能とした。
   - REST API仕様に準拠した実装とし、GET操作で情報取得を実現した。

この仕組みにより、従来の紙や Excel への依存から脱却し、リアルタイムな情報共有・自動化の実現に寄与できることを確認した。

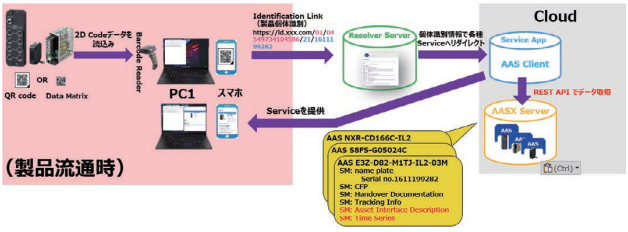

図 4　製品流通時の製品情報の共有方法

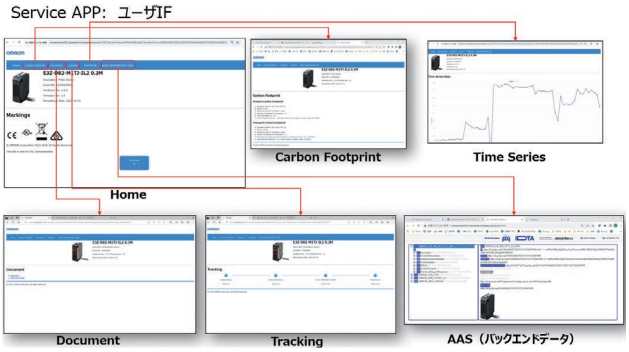

図 5　製品情報とユーザインターフェース

4.4 Dataspace を含めたデータの活用

本 PoC では、図 6 に示すシステム構成を用い、Dataspace との連携の可能性を検証した。

Dataspace との連携には、以下の標準化技術を活用した。

1. Dataspace Connector による Dataspace との連携
   Dataspace Connector とは、企業や組織間で安全かつ相互運用可能なデータ共有を実現するためのソフトウェアで、データ主権を保持しながらカタログ参照、契約交渉、データ転送を行う仕組みである。
2. Eclipse Dataspace Components（EDSC）の実装
   - データ連携に EDSC を活用し、利用者ごとのアクセス権限・セキュリティ要件を設定した。
   - EDSC による AAS サーバ全てのデータを提供した。
   - PLC 制御に必要な情報を Dataspace から獲得した。

この仕組みにより、データ主権の確保、アクセス権限管理、自動契約、セキュリティの実現の可能性を確認できた。

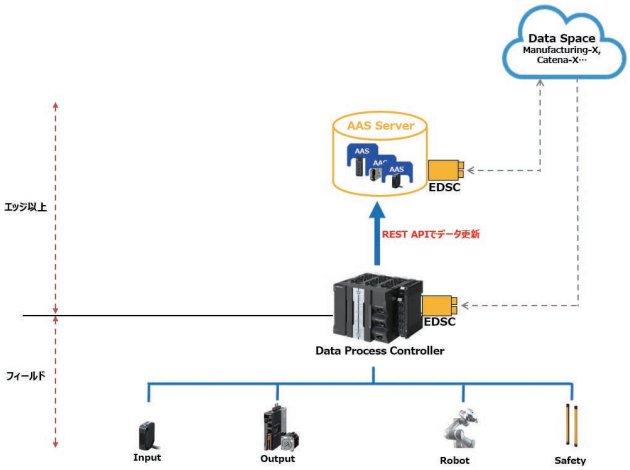

図 6　Dataspace を想定したスマートコントラクトや対象データの探索方法

5. ユースケースの達成状況と残課題

5.1 PoC によるユースケースの達成状況

第 4 章で述べた PoC の結果、各ユースケースに対し以下の達成状況が得られた。

1. 製品ライフサイクルトレーサビリティと品質保証
   AAS や GS1 コードを活用し、設計・製造・出荷・保守・廃棄までの情報を一元管理した。QR コードによる個体識別と即時アクセスにより、現場での履歴確認やリコール対応、品質監査の迅速化が可能となった。
2. 環境負荷の可視化とサステナビリティ対応
   製品単位での CO_2 排出量（CFP）を AAS に記録し、OPC UA ECM や REST API を通じて環境負荷を可視化した。現場や顧客が QR コードで CFP 情報を取得できる仕組みを実現した。
3. 顧客向け製品情報開示と信頼性向上
   QR コードを用いて、顧客が AAS に格納された製品仕様・原産地・CFP・履歴情報を取得可能とし、透明性と信頼性の向上を確認した。
4. スマートメンテナンスによるサービス品質向上
   設備や部品の QR コードスキャンにより、AAS に格納された保守履歴・稼働情報へ即時アクセスできるようになった。これにより、作業時間短縮とミス削減に寄与することを確認した。
5. 生産ラインの柔軟化とカスタマイズ対応
   装置の QR コードスキャンで AAS から装置情報を取得し、工程変更時の準備作業効率化や柔軟な生産対応の可能性を確認した。

6. 出荷・検査・受入の自動化と信頼性向上
　製品の QR コードと AAS の製造・品質データを照合し、検査工程の自動化や誤納・偽造防止、出荷ミス削減ができることを確認した。

本 PoC の結果、AAS や Identification Link などの標準化技術を活用することで、製品ライフサイクル全体にわたるトレーサビリティの確保、環境負荷の可視化、顧客への情報提供の高度化など、従来の属人化・分断された業務プロセスからの脱却が可能であることが示された。これにより、現場・設計・経営層を横断したデータ活用基盤を強化する構想を示すことができた。

5.2 残課題

一方で、企業間や工場間の本格的なデータ共有、Dataspace Connector を活用した外部連携、ユーザアクセス権限管理やエコシステム全体のセキュリティ設計などについては、現状では限定的な検証にとどまっている。

また、人がデータを選択し共有できることは確認できたが、機械が自動でデータを指定するためのサービスコードのセマンティクスが不十分であることがわかった。ここでいうサービスコードとは、機械やシステムが必要とするデータの種類や内容を指定するためのコードや識別子であり、これにより人手を介さずに目的に応じたデータの自動取得・共有が可能となる。そのため、機械を含めた全ての関係者のニーズを満たすには、サービスコードの更なる標準化が必要となる。

6. むすび

本論文では、制御に加えて情報を活用した FA システムへの進化と、標準化技術の活用によるデータ基盤構築の可能性について検討した。AAS、OPC UA、Identification Link、REST API、Dataspace Connector などの標準化技術を活用することで、現場・設計・経営層が一体となったデータ活用基盤の構想を示し、製品ライフサイクル全体のトレーサビリティや環境負荷の可視化、顧客への情報提供の高度化など、多面的な価値創出が可能であることを確認した。

今後は、AAS の自動生成・更新機能の強化、Dataspace Connector を活用した企業間連携の実証、DPP（Digital Product Passport）との統合による顧客向け情報提供の高度化、AI やデータ解析技術との連携による工程最適化など、さらなる技術開発と実証が必要である。特に、機械による自動アクセスを実現するためのサービスコード標準化は、グローバルなものづくり現場全体に共通する重要な課題であり、国際標準化活動の加速が求められる。

本研究の成果を読者の皆様と共有し、課題解決や将来ビジョンの実現に向けて、次世代のものづくりをともに切り拓いていきたい。

参考文献

1）Object Management Group. *The Data Centric Architecture of a Factory Digital Twin*, 26th ed.（2025）. Accessed: Dec. 25, 2025.［Online］. Available: https://www.objectmanagementgroup.org/wp-content/uploads/sites/8/2025/02/JOI_20250204_6_The_Data_Centric_Architecture_of_a_Factory_Digital_Twin_Standalone.pdf
2）European Parliamentary Research Service. “Standards and the Digitalisation of EU Industry: Economic Implications and Policy Developments.” European Parliament. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635608/EPRS_BRI%282019%29635608_EN.pdf（Accessed: Dec. 25, 2025）.
3）Deloitte. “2025 Smart Manufacturing and Operations Survey: Navigating Challenges to Implementation.” Deloitte Insights. https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing-industrial-products/2025-smart-manufacturing-survey.html（Accessed: Dec. 25, 2025）.
4）*Specification of the Asset Administration Shell Part 1: Metamodel*, IDTA Number: 01001, 2025.
5）*Specification of the Asset Administration Shell Part 2: Application Programming Interfaces*, IDTA Number: 01002, 2025.
6）*Specification of the Asset Administration Shell Part 3a: Data Specification – IEC 61360*, IDTA Number: 01003-a, 2025.
7）*Specification of the Asset Administration Shell Part 5: Package File Format（AASX）*, IDTA Number: 01005, 2025.
8）*UA Part 3: Address Space Model*, OPC 10000-3, 2025.
9）*UA Part 5: Information Model*, OPC 10000-5, 2025.
10）*Energy Consumption Management*, OPC 34100, 2025.
11）*Identification Link – Part 1: General Requirements*, IEC 61406-1:2022, 2022.
12）GS1. “GS1 Digital Link.” GS1. https://www.gs1.org/standards/gs1-digital-link（Accessed: Dec. 25, 2025）.
13）Github, inc. “EDC Connector.” Github. https://github.com/eclipse-edc/Connector（Accessed: Dec. 25, 2025）.

執筆者紹介

尾崎 敏之　OZAKI Toshiyuki
インダストリアルオートメーションビジネス
カンパニー
商品事業本部 テクニカルイノベーションセンタ
開発部
専門：ソフトウェア工学
所属団体：ODVA テクニカルレビューボード、IEC/TC65/SC65E/WG10

本文に掲載の商品の名称は、各社が商標としている場合があります。
Microsoft および Excel は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標または商標です。