日機連 2022

2022 年度スマートマニュファクチャリングの国際標準化策定支援等調査研究補助事業成果報告

文献邦訳「ドイツ標準化ロードマップ進捗状況報告書 邦訳」

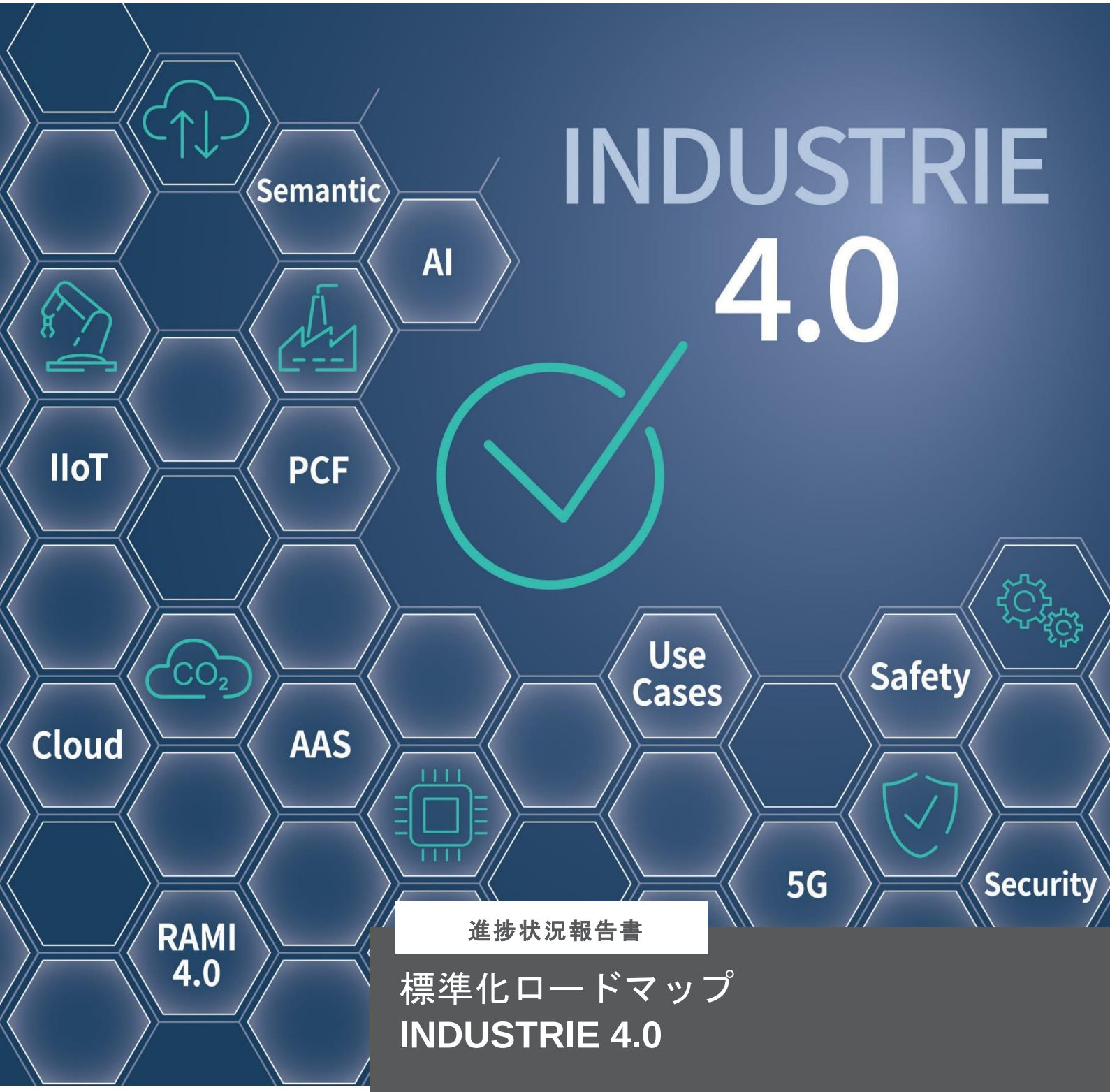
2023 年 3 月

一般社団法人 日本機械工業連合会

この報告書は、競輪の補助を受けて作成しました。
https://jka-cycle.jp

本報告書は、RRI に委託、協力の下、作成したものである。

DIN DKE



進捗状況報告書

標準化ロードマップ INDUSTRIE 4.0

STANDARDIZATION COUNCIL INDUSTRIE 4.0

この報告書の邦訳は、競輪の補助金により作成しました。
https://jka-cycle.jp

Responsible for the translation: Robot Revolution & Industrial IoT Initiative. The Initiative gratefully acknowledges the kind permission of SCI 4.0 (Standardization Council Industrie 4.0) to undertake and publish this translation.
翻訳について：この翻訳の責任はロボット革命＆産業 IoT イニシアティブ協議会（RRI）にあります。RRI はドイツ SCI 4.0（Standardization Council Industrie 4.0）の翻訳許可に対して深く謝意を表します。
原文は下記を参照ください。
https://www.sci40.com/german/normungsroadmap/

発行元

DIN e. V.

Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
電話：+49 30 2601-0
電子メール：
info@din.de
Internet: www.din.de

VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies
DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE
Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
電話：+49 69 6308-0
電子メール：service@vde.com
Internet: www.dke.de

写真提供：
表紙写真：VDE
各章扉：Pugun & Photo Studio（P.5）、
kras99（P.9、13、29）、Alex（P.43）– stock.adobe.com

2022 年 4 月時点の最新版

ご挨拶

Olga Meyer
Fraunhofer IPA
標準化ロードマップ Industrie 4.0 作業グループリーダー

標準化ロードマップ Industrie 4.0 に関する一連の刊行物は、Industrie 4.0 における国内標準化と国際標準化の両方を戦略的および技術的観点から分析し、行動提言を行うことを目的としています。私がリーダーを務めている、Industrie 4.0 標準化協議会の Industrie 4.0 作業グループが、2020 年に「ドイツ標準化ロードマップ Industrie 4.0」の第 4 版を作成しました。この進捗状況報告書は、その第 4 版で作成された行動提言の実施状況について最新の情報を提供するものです。

関連する国内標準化団体の専門家の関与を得たうえで、合計 115 件の行動提言の実施状況について評価、査定が行われました。その結果、62 件が進捗ありと分類されたことは、暫定的結論としては喜ばしいことだと考えております。報告書の最後にある私たちの展望では、デジタル製品パスポートやデジタル・ネームプレート、その他今後のロードマップでの Industrie 4.0 標準化の各種応用例などのプロジェクトを明らかにし、確定する準備を行っています。

ここで行われた評価は、2023 年に発行される標準化ロードマップ第 5 版の内容の方向性を定めると共に、その羅針盤ともなるものです。

人と仕事のサステナビリティに関わる側面は常に、標準化ロードマップの構成要素でしたが、次の版では、規範的観点からすでに考慮に入れる必要のある、製品のライフサイクル全体に沿った透明性という側面と、使用する原材料に関する情報に焦点を当てます。

すべての寄稿者に心から感謝申し上げたいと思います。有志の専門家のたゆまぬ努力なくして、進捗状況報告書や標準化ロードマップの作成は不可能です。

本書がお読みになる方全員にとってお役に立つことを願うものであります。私たちの発行物が標準化プロセス Industrie 4.0 を推進するだけでなく、デジタル・マニュファクチャリング標準化の「扉を開く役割を担うもの」であることが引き続き理解されることを切に願っています。

Olga Meyer
フラウンホーファー製造エンジニアリング＆オートメーション研究所 IPA デジタル生産相互運用性作業部会リーダーならびに標準化ロードマップ Industrie 4.0 作業グループリーダー

1 概説 5

2 序論 9

3 進捗状況 第 2 章：コアトピックスの標準化の必要性 13
3.1 ユースケースおよびアプリケーション・シナリオ 14
3.2 参照アーキテクチャモデル 15
3.3 システムと特性 16
3.4 相互運用性 20
3.5 統合 21
3.6 産業用通信 23
3.7 Industrie 4.0 における人と仕事 25

4 進捗状況 第 3 章：分野横断的トピックスの標準化の必要性 27
4.1 オープンソース 28
4.2 産業セキュリティ 29
4.3 データ保護／プライバシー 32
4.4 Industrie 4.0 における価値創造プロセスの信用性 34
4.5 Industrie 4.0 における機能安全 34
4.6 産業アプリケーションにおける人工知能 36

5 将来の展望 39

付録 1 略語 42

付録 2 リストに掲載されている標準化団体の索引 46

付録 3 執筆者一覧 50

1
概　説

標準化ロードマップ Industrie 4.0（SRI 4.0）は、初版の段階から「絶えず更新する」ことが想定されており、そのため、継続的かつ定期的に更新が行われる、議論の基盤となるべきドキュメントとして認識されている。

下位作業グループ「進捗状況報告」の専門家たちは、本ロードマップの第 4 版に記載された提言の状況に関する最新の情報を報告するため、約 1 年かけて評価の取りまとめを実施した。同時に、この進捗状況報告書は、2023 年に発行される予定の標準化ロードマップ Industrie 4.0 第 5 版の内容の方向性を定めることを意図している。合計 115 件の提言を評価するための基礎として厳格な基準が用いられ、専門家たちは 62 件のケースに対し肯定的に評価することで合意した。これは、割合にすると 53%超に相当し、中間結果としては良好なものであった。次のセクションでは、第 2 章「コアトピックスの標準化の必要性」[1] および第 3 章「分野横断的トピックスの標準化の必要性」[2]の各サブトピックスの要約を示す。

コアトピックスの標準化の必要性に関する進捗状況（本ロードマップ第 4 版第 2 章）

→ IEC 63278-1「産業アプリケーションのためのアセット管理シェルーアセット管理シェル構造」の作業が完了に近いこと、また、IEC 63278-2「情報メタモデル」および IEC 63278-3「アセット管理シェルのセキュリティ条項」による標準規格シリーズの拡張申請により、アセット管理シェル（Asset Administration Shell：AAS）をデジタルエコシステムの中心的「統合プラグ」とし、それを国際標準化に定着させるため、さらに重要な標準化プロジェクトの集約が、最初は各国レベルにおいて、その後は国際的レベルで実施された。

→ IEC 63283-2「工業用プロセス計測制御ースマート・マニュファクチャリングーパート 2：ユースケース」は間もなく発行されることになっており、Industrie 4.0 の統一的理解を実現するため、正式かつ正確な定義に関する重要な規定を補足するものとなる。この目的に必要な、一貫性がある代表的ユースケースの収集は、標準規格でカバーされていた。この基盤は、今後も構築し続けることが必要である。

→ 新規および既存の参照アーキテクチャモデルの整合性と互換性に関しても進展が確認された。この調整の枠組みの中で、最初の国際的な基本概念と標準規格を相互にマッピングし、さまざまな種類がある参照アーキテクチャモデル間の本質的な違いを特定すると共に、スマート・マニュファクチャリングに関連する用語と定義を定めるために、IEC TR 63319「スマート・マニュファクチャリング参照モデルへのメタモデリング分析アプローチ」と IEC 63339「スマート・マニュファクチャリングのための統一参照モデル」が策定された。これらの活動を支えたのが、「スマート・マニュファクチャリング標準規格マップカタログ」（ISO/IEC TR 63306-1）および ISO/IEC TR 63306-2「スマート・マニュファクチャリング標準規格マップ（SM2）ーパート 2：カタログ」である。このカタログは、標準化された基準の検索を容易にするために、スマート・マニュファクチャリングに関係する組織のための、既存スマートグリッドをモデルとした標準規格カタログを作成することを目的とする共同スマート・マニュファクチャリング標準規格マップ・タスクフォース（SM2TF）を介した IEC と ISO の共同イニシアチブの結果、生まれたものである。

→ Industrie 4.0 の中核を形成しているのが工業生産と情報技術との連結である。この連結は、機械と部署および企業の間を流れるデータストリームを介して実現される。そのために不可欠なのが、生成されたデータのセマンティクスについて、統一され、標準化された形で理解することである。「システムとそのプロパティ」の章に関連する評価については、すべての Industrie 4.0 テクノロジーの相互運用性の証明が必要であることは間違いない。さらに、これらの分野における高度な分野横断性も標準化作業に新たな課題をもたらすものであり、それに対応しているのが本ロードマップ第 4 版で取り上げた行動提言である。ほとんどは現在実施中であり、一部は本ロードマップの第 5 版において更新された形で再度取り上げられることになっている。

1 ロードマップ第 4 版第 4 章を参照。
2 ロードマップ第 5 版第 5 章を参照。

分野横断的トピックスの標準化の必要性に関する進捗状況（本ロードマップ第 4 版第 3 章）

→ 産業セキュリティに関連した行動提言を検討する中で、産業サプライチェーンのセキュリティの必要性が浮かび上がってきた。これには、構成部品、製品、データの原本性および整合を保証するだけでなく、特に可用性への攻撃に対するロバストネスも含まれる。EU は、適切なセキュリティ標準の定義と実装を加速する EU サイバーレジリエンス法（EU CRA）という対策を講じた。デジタルエコシステムの「データ駆動型」コンテキストで必要なユースケースの作成には、関わりのある利害関係者に対してエコシステムの信頼性を確保するために、セキュリティ・バイ・デザイン（security-by-design）アプローチの統合の必要性がますます高まっている。

→ Industrie 4.0 における人間と仕事の側面については、標準化によって保護すべきデジタル化との相互関連性がますます強まっていることが、進捗評価によって明らかになった。その理由は、生産スタッフがインターネットにアクセス可能なノートパソコンを使って、どこからでも生産を監視し、制御できることにある。一部のケースでは、日常的ではないメンテナンスや修理のためにのみ、生産現場に人がいる必要があった。『German Standardization Roadmap Innovative Work Environment』の発行に伴い、標準化ロードマップ Industrie 4.0 第 4 版と共に、デジタル世界で人間中心の仕事の設計を改善するための行動提言など、別のドキュメントが利用できるようになった。課題は、標準化と協調的かつ的を絞った方法でこの相互リンクを統合し、それを受け取る適切な対象を特定することである。

→ 特に、Industrie 4.0 の機能安全については、レビューによって、委員会や作業グループにおけるこのトピックスとの関連性が、過去数年におけるよりもさらに高まっているという評価が確認された。したがって機能安全は、安全に関連する最初の作業グループとプロジェクトにおいて、IEC/TC 65 と ISO/IEC JTC 1/SC 42「人工知能」の間の連係活動に組み込まれている。ただし、これらのプロジェクトは、現時点では、テクニカルレポートなど、規定化前の発行物に取り組んでいる。結論として、Industrie 4.0 において機能安全は、特に概念レベルでさらに進展しており、現在では標準化アジェンダに恒久的に組み込まれていると言えるが、対応する規定と要件を備えた標準規格への実際の移行はまだ行われていない。

→ 本ロードマップの最新版で最初に取り上げられた人工知能（AI）分野では、AI のユースケースの収集と特定といったコンテキストで、行動提言の実行においても進展が見られた。産業環境の場合、これは、産業アプリケーションで求められる標準化要件を導き出すための不可欠な土台である。標準化ロードマップの策定と更新および行動戦略の導出に関しては、AI 標準化ロードマップと行動戦略に関する作業が各国レベル、欧州レベルおよび国際レベルで開始されている。ここで言及しておかなければならない 2 つの重要な発行物が、2020 年末に発行された DIN/DKE German Standardization Roadmap Artificial Intelligence と、2020 年 9 月に発行された CEN-CENELEC Road Map Report on AI である。この 2 件の発行物に加えて、2022 年初めに関連作業が開始された DIN/DKE German Standardization Roadmap Artificial Intelligence 2nd edition がある。同様に、2021 年 6 月に、CEN-CLC JTC 21「人工知能」が設立され、委員会が拡充された。さらに同年秋、ISO/IEC JTC 1/SC 42 内に、国際レベルの AI 専門の諮問グループが設立された。どちらの委員会も、標準化マップと、進行中および公開されたプロジェクトの概要の作成に取り組んでいる。

2
序　論

標準化ロードマップ Industrie 4.0 は、10 年近くの間に計 4 つの版が発行され、ドイツの標準化作業の中心的要素となり、また Industrie 4.0 標準化戦略の不可欠な一部となった。したがって、標準化ロードマップ Industrie 4.0 で作成された行動提言の実施状況を詳しく調べ、第 4 版の発行からの 24 か月間にそれらの提言が具体的にどのように実施され、どのような進捗があったのかを明らかにするときがきた。

基本的に、レビューでは、デジタルツインなどのアプリケーションが、ストレスポイントをより迅速に特定し、製品の開発および運用から効果的な資産の利用とリスクまでのシナリオを説明するための、産業オートメーションにおける重要なツールであることが確認された。ただし、データセキュリティをはじめ、堅牢なリアルタイム接続の必要性、特定の技術的能力のほか、たとえばデジタルツインによる環境データや運用データの収集を可能にするセンサーネットワークの配備と保守などに関連して考慮すべき課題が生じてきている。

これに関連して、アセット管理シェル（AAS）などの具体的産業ソリューションは、予知保全や透明性の向上、（耐用期間の終わりまでの）製品動作に関する知見のみならず、仮説に基づいたシナリオの作成やデータ駆動型の意思決定も可能にする。これらの新しいデジタル・ソリューションは、生産の効率と収益性を高めるだけでなく、サプライ チェーン全体をスムーズに接続し、最小限の労力で共同のバリュー・ネットワークの形成を可能にする。ここでも、このような共同データスペースの参加者には、高レベルのデータ主権やデータセキュリティ、データ整合性を確保するために標準化が必要となる。このような背景の下で、標準化ロードマップ Industrie 4.0 の次の版では、「Industrie 4.0 におけるデータスペースおよび協調的側面」というトピックスを取り上げることになる。

コアトピックスの標準化の必要性（第 2 章）と分野横断的トピックスの標準化の必要性（第 3 章）に関する次の 2 つのセクションでは、第 4 版の行動提言を取り上げ、その進捗状況を評

価する。この更新後は、標準化ロードマップ第 5 版の内容通知や、標準規格環境の明確なマップ作成およびギャップ特定を行うことが容易になる。

第 4 章に示した展望に基づき、この進捗状況報告書では、次の標準化ロードマップで対応する個別のサブトピックスの今後の課題に焦点を当てることだけを目的とするものではない。同様に、持続可能でエコロジカルな開発を実現することも標準化の最優先事項の 1 つであり、この傾向は今後確実に強まることになる。したがって、標準化ロードマップ第 5 版では、資源効率性が高く、カーボンニュートラルな生産への道筋をどのように設計することができるのかという問題に答えなければならない。今日、Industrie 4.0 の持続可能性に関わる側面を強調することで、国際競争におけるドイツおよび欧州の有利なポジションをさらに強化し、拡大する好機が訪れていると思われる。AAS の実装としてのデジタル製品パスポート（DPP）など、進化するアプローチやその他の活動は、次の第 5 版で取り上げることになっている。

3
進捗状況 第 2 章：コアトピックスの標準化の必要性

3.1 ユースケースおよびアプリケーション・シナリオ

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.1-1**	IEC/TC 65/WG 23（IEC 63283-2「工業用プロセス計測制御ースマート・マニュファクチャリングーパート 2：ユースケース」）のタスクフォース「スマート・マニュファクチャリングのユースケース」に関し、Industrie 4.0 のユースケースの一貫性があり、かつ代表的なコレクションを得るため、ドイツは積極的にサポートする必要がある。これは、タスクフォースが Industrie 4.0 環境の多様なユースケースを体系的に統合するための中心的ハブとしての立場を確立するのに役立つ。
進捗評価	国際協力の分野では、重要な国際的（二国間）協力を介して、ドイツのユースケース活動と、IEC/TC 65/WG 23「スマート・マニュファクチャリング・ユースケース・タスクフォース」とが連動していることは当事国間で確認されている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.1-2**	IIRA テンプレートなどの詳細な記述に基づいてユースケースを系統立てて説明するさまざまな概念を継続していく必要がある。例としては、中国と日本との共同活動、Labs Network Industrie 4.0（LNI 4.0）[3]の厳選された活動のほか、特に AI-PPP 内の人工知能関連で計画されているものなど、欧州連合レベルでの活動がある[4]。
進捗評価	特に LNI 4.0 テストベッドの一部としてのユーセージビュー「エッジマネジメント」[5]の取り組みや、ビジネスビュー・レベルで日本の協力によって進められているデジタル・ビジネスモデルの成果は特筆に値する。さらに、ユースケースをめぐる議論は、AAS I およびデータスペースに関わる二国間協力（中国、日本、韓国との協力を含む）で始まっている。この議論は、標準化の準備段階で一段と激化することが予想されている（2.1-A1 を参照）。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.1-A1**	「ユースケース」という用語に過度な負荷が不必要にかかることがないよう、引き続き努力する必要がある。統一的な理解を規定することが目的ではないものの、それをさらに強化できるよう、この標準化ロードマップで形成された理解に関連させて、活動の位置付けを行うことを推奨する。
進捗評価	さまざまなプレゼンテーションや発行物に対するフィードバックは、ビジネスの観点、アプリケーションの観点、ならびにこれらから派生する実施の観点への一貫した分離が受け入れられ、支持されていることを示している。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.1-A2**	ビジネスシナリオは（少なくとも現時点では）IEC/TC 65/WG 23 の対象範囲内にないため、特に中国との協力で促進されるよう、ビジネスシナリオの策定をさらに促進することを推奨する。
進捗評価	Plattform Industrie 4.0 および Robot Revolution & Industrial IoT Initiative (RRI)による刊行物『Digital platforms in the manufacturing industry』[6]および VDMA の Expert Group Platform Economy による『Examples of platform-based value networks in digital ecosystems』[7]に加えて、AAS のバリュー・プロポジションおよび Gaia-X と Catena-X のコンテキストにおけるビジネスシナリオに関してすでに始まっている議論は言及する価値がある。

3 Labs Network Industrie 4.0 – Praxiserprobungen und Standards (lni40.de)を参照。
4 euRobotics and BDVA publish a joint vision for a European AI PPP を参照。
5 LNI 4.0 Testbed Edge Management を参照。
6 Industrie 4.0 – Digital Platforms in Manufacturing 2021 を参照。
7 https://vdma.org/viewer/-/v2article/render/51299437

3.2 参照アーキテクチャモデル

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.2-1** **用語「参照アーキテクチャ」および「参照アーキテクチャモデル」の区別と標準化**	継続的に構造化された要件管理のための他の一般的な方法との比較において、RAMI 4.0 モデルの使用状況を調査し、記述することを推奨する。
進捗評価	参照モデル間で整合を取り、基本的アーキテクチャの発展を監視するために、ISO/TC 184「自動化システムと統合」委員会や IEC/TC 65「工業用プロセス計測制御」委員会を含む合同作業グループが設立された。そのグループは、ISO/IEC/JWG 21「スマート・マニュファクチャリング参照モデル」（合同作業グループ）と呼ばれ、さまざまな国から参集した多数の専門家で構成されている。現在、その合同作業グループは、組織がスマート・マニュファクチャリング向けの標準ベースのソリューションを展開するために、独自のアーキテクチャモデルを開発する際の指針となる IEC 63339「スマート・マニュファクチャリングのための統一参照モデル」の策定に取り組んでいる。その概念は、異なるモデルから単純なビューを生成するための、垂直軸の「ビュー」によって指定される複雑な表現に基づいている。RAMI 4.0 モデルは、実例として参照の対象となっている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.2-2** **用語「参照アーキテクチャ」および「参照アーキテクチャモデル」の区別と標準化**	「参照アーキテクチャ」と「参照アーキテクチャモデル」という用語の区別に関して、標準開発機関（SDO）やコンソーシアムならびに対応する標準化活動（用語集への組み込みなど）の間で深く理解される必要があると考えられる。参照アーキテクチャの生成されたモデルパターンは、モデル化するアーキテクチャの等級に従って区別することができる。すなわち、参照アーキテクチャと参照アーキテクチャモデルの間には、運用上および機能上の違いが存在する。このことに関する統一的な理解は、標準化において形成され、標準規格で規定しなければならない。
進捗評価	対応する用語の区別は、IEC 63339「スマート・マニュファクチャリングのための統一参照モデル」および IEC TR 63319「スマート・マニュファクチャリング参照モデルへのメタモデリング分析アプローチ」に関する活動で行われている。どちらのプロジェクトも、「モデル」、「メタモデル」、「参照アーキテクチャ」、「参照モデル」、「スマート・マニュファクチャリング参照モデル」などの関連用語を区別するための提言を作成している。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.2-3** **新規および既存の参照アーキテクチャモデルの整合と互換性**	現在、Industrie 4.0 環境の参照アーキテクチャモデル向けソリューションが異種混在であることから、整合が求められる。（既存および新規の）参照アーキテクチャモデルの機能面と運用面について、すなわち既存モデルですでにカバーされているか否かについて、批評的レビューを行うことを推奨する。ただし、機能面と運用面が対応していない場合、さらなる整合を図ろうとしてはならない。そこで、ISO/IEC JTC 1/AG 8 と ISO/IEC JWG 21 の活動調整が実施されることになる。
進捗評価	既存および新規の参照モデルの整合と互換性は、ISO/IEC JWG 21 のタスクの 1 つである。この取り組みで具体的に特定されたのが、RAMI 4.0、Industrial Internet Reference Architecture、Smart Manufacturing Standards Map（SM2）など、提案された各参照モデルのすべての主要プロパティを組み込むことが可能なメタモデリング・アプローチの開発だった。プロパティは、統一された方法により、モデルとして、また抽象言語によって表現されることになる（IEC 63339 を参照）。この活動は、「スマート・マニュファクチャリング標準マップカタログ」（ISO/IEC TR 63306-1）、「スマート・マニュファクチャリング標準マップ（SM2）ーパート 1：フレームワーク」および ISO/IEC 63306-2「スマート・マニュファクチャリング標準マップ（SM2）ーパート 2：カタログ」によってサポートされている。このカタログは、標準化された基準の検索を容易にするために、スマート・マニュファクチャリングに関係する組織のための既存スマートグリッドをモデルとした標準規格カタログを作成することを目的とする共同スマート・マニュファクチャリング標準規格マップ・タスクフォース（SM2TF）を介した、IEC と ISO の共同イニシアチブの結果、生まれたものである。

3.3 システムと特性

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-1** **AAS 概念の一貫した使用と標準化**	メンテナンス機能やライフサイクル・レコードでの知識の保存など、上述したプロセスをサポートするには、標準化されたセマンティクスによる標準化インターフェイスを介して、アセットが生産システムやプラントオペレータとデータ交換を行えることが必要である。これは、AAS またはその一般的サブモデルが標準規格で定義されている場合、ならびに Industrie 4.0 コンポーネント間の通信が標準規格で定義されている場合は、AAS 概念によって実現される（第 1 章を参照）。IEC/TC 65/WG 24 IEC 63278-1「産業アプリケーションのためのアセット管理シェルーパート 1：管理シェル構造」の活動をサポートし、推進することを推奨する。
進捗評価	IEC 63278-1 の作業は、ドイツからの強力な支援を受けて進められており、2023 年の発行を目指して標準規格の策定が行われている。新規作業提案書 IEC 63278-2「情報メタモデル」および IEC 63278-3「アセット管理シェルのためのセキュリティ条項」が提出されたことにより、アセット管理シェルの概念を継続的に使用および標準化するためのさらなる基盤が築かれることになる。とりわけ、サブモデルを表現するための一般データ辞書（CDD）の拡張の準備が進められている。関係するすべての技術委員会（TC）が、サブモデルの作成と説明を求められる。InterOpera 資金調達プロジェクトは、標準化環境におけるサブモデルの記述に直接貢献している。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-2** **AAS 標準規格シリーズのさらなる部分の国際化**	標準規格シリーズのさらなる構造へのアプローチは、Plattform Industrie 4.0/AG 1 の国内作業に基づくべきであるとの提案が為されている。このことに関しては、ISO/IEC/JWG 21 タスク フォース 8「デジタルツインとアセット管理シェル」および IEC/TC 65/WG 24 の活動との調整も参照することになる。DIN 77005-1 に関する作業に準拠したデジタル・ライフサイクル・レコードの作成は、行動提言 2.3-15 で取り上げられている。
進捗評価	標準化組織 ISO/IEC JTC1/SC 41/WG 27「デジタルツインー戦略」および ISO/IEC JTC1/SC 41/WG 6「デジタルツインー標準化」[8]の設立に伴い、これらの提言は、標準規格シリーズの新たな部分の国際化のために実施された。また、さまざまな産業用デジタルツインの開発をまとめ、AAS に基づいたオープンテクノロジー・ソリューションとして産業界と共に開発していくために、ユーザー組織である産業用デジタルツイン協会（IDTA）[9]が設立された。IEC/TC 65/WG 24 内での作業との関連における標準化は、IDTA の「サブモデル」作業グループを介して調整が行われる。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-5** **特性とプロパティ**	計画文書などの概念的アセットの特性は、たとえば VDI 2770 の仕様のように、IEC SC 3D「製品のクラス、プロパティおよび識別ー共通データ辞書（CDD）」などの標準化された辞書に含める必要がある。さらに、計画文書は、人間と機械／Industrie 4.0 コンポーネントの間で伝達可能であることが求められる。
進捗評価	産業用デジタルツイン協会（IDTA）は現在、VDI 2770 の適応に取り組んでいる。国際標準化への導入の可能性は、今のところ明らかになっていない。さらに、VDI 2770 とインテリジェント情報要求および配送標準（iiRDS）との広範な調整が実施された。これは、公開仕様書（Publicly Available Specification：PAS）として、IEC/TC3「技術情報のドキュメンテーション、図記号および表現」に提出された。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-8** **特性とプロパティ**	AAS のサブモデルを標準化するための準備活動を開始する必要がある。統合は、IEC/TC 65/WG 24 と連携して行う必要がある。サブモデルは、その基本的プロパティを標準化する必要がある。つまり、Industrie 4.0 パートナーが個別のプロパティと機能を介して拡張できる基本的／必須プロパティと基本的／必須機能が共になければならないことを意味する。これは、たとえば、エネルギーについて考慮する場合、同じ必須のプロパティと機能をさまざまなアセットで利用できなければならないことを意味し、それは、たとえば、あるプラントの単一または複数のシステムの全コンポーネントに関わる要件を同じ方法で簡単に統合または制御できることである。特定の追加は引き続き可能である。
進捗評価	行動提言 2.3-1 ですでに取り上げたように、標準化におけるサブモデル標準化のための準備活動はすでに実施されているか進行中である。次に、何よりも必要とされるのが方法論的知識の深化と拡張であり、InterOpera 資金調達プロジェクトはそれに貢献するものであることが求められる。プロジェクトで達成した結果により、技術委員会（TC）やその他の委員会は、さらに具体的なサブモデルを作成するために、それぞれの関連性に基づいて標準化に取り組むことになる。

8 注：JTC1/SC41/AG20「産業部門」を介した連係ーIEC TC65 WG23 および TC65/WG24、ならびに JWG21

9 IDTA を参照。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-9** **特性とプロパティ** **機能要件の条件**	機能要件（例：役割と期待される機能）とその達成（例：サポートされる役割、提供される機能）が標準化された辞書に含まれるよう、また生産システムによる生産プロセスの実行を計画できるよう、条件を作成しなければならない。
進捗評価	その一方で、標準化された方法で能力記述を設定する広範な取り組みがある。能力は、機能の技術的中立的な記述であり、つまり、それらが実行される方法には依存しない（実行された能力の記述としての「能力」または「スキル」）。ここでの中心的なタスクは、一方でこれらの能力をプロセス記述の要件として記述し、他方でデバイスの能力として記述することである。理想的には、これらは自動的に比較され、相互に一致するべきである。これは、たとえば変形可能なマトリックス生産など、すでに実行されている生産プロセスにも当てはまる。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-11** **デジタル・ネームプレート**	DIN SPEC 91406（PAS）および VDE V 0170-100 に基づいたデジタル・ネームプレートのアプローチは継続され、適切な形式で国際的に導入される。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-12** **デジタル・ネームプレート**	VDE V 0170-100 ならびに DIN SPEC 91406 に基づいた機械可読マーキングに関するすべてのアプリケーション規格の適合。
2.3-11～2.3-12 の **進捗評価**	IEC/SC 65E「企業システムにおける装置及び統合」は、両方の提言を実施した委員会である。VDE V 0170-100 は、IEC 63365「デジタル・ネームプレートーデジタル製品マーキング」として国際標準化され、DIN SPEC 91406 は IEC 61406「識別リンクー明確な二方向唯一性の機械可読識別」として国際標準化されている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-13** **デジタル・ライフサイクル・レコードのモデル**	DIN 77005-1 に基づくデジタル・ライフサイクル・レコードのモデルは、AAS のサブモデルと見なされる。2018 年末から利用可能となった AAS メタモデルの仕様は、これに必要な基本事項を規定している。ライフサイクル・レコードのサブモデルをさらに精緻化し、IEC/TC 65/WG 24 の AAS に関する国際標準化作業に組み込むことを推奨する。（行動提言 2.3-1、2.3-2 を参照）。
進捗評価	現在策定作業中の DIN 77005-2 のデジタル・ライフサイクル・レコードの情報モデルは、DIN 77005-1 の仕様に基づいている。コメント段階が完了すれば、国家標準規格案を入手できるはずである。その後は、標準規格の国際化と AAS とのより緊密な調整が求められることになる。モデルのサイズのため、AAS のサブモデルとして設計することはきわめて困難な作業となる。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-19** **保全性**	デジタルメーカー情報の最小限の要件に関する VDI 2770 Part 1 の国際化に関する調査
進捗評価	国際化の可能性に備え、VDI 2770 Part 1 の各種言語への翻訳が現在検討されている。2022 年に、VDI 2770 Part 1 の国際化のため、ISO に New Work Proposal を提出する予定になっている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-22** **妥当性確認および試験**	シミュレーションには、運用モデルと適切なツールが必要である。ツールとモデルには、マシン実行と、その環境での考慮対象システムの特性をわかりやすく表現するための共通のセマンティクスが必要である。
進捗評価	シミュレーション・モデルを開始するため、複数の有望な基本的作業が開始されている。ユースケースをサポートすることで、サブモデルは、ZVEI 作業グループ「シミュレーションと Industrie 4.0」などのプロジェクトのオープンソース・プロシージャにより、AAS Explorer 内に作成される。その後、AAS の他のサブモデルとの整合が図られる。。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.3-23** **産業用クラウド・プラットフォーム**	コグニティブ・サービス、リアルタイム・アプリケーションおよびデータ・マーケットプレイスの将来の要件に対応する柔軟で拡張可能なアーキテクチャの標準化活動は、関連する委員会で取り上げる必要がある。ハイブリッド・クラウド・プラットフォーム、IIoT アプリケーションおよびサイバーフィジカル・アーキテクチャは、核心要素として調査する必要がある。すべての IT リソース、生産手段および技術構築機器の統一されたライフサイクル管理は、AI がサポートする将来の自律生産のためのリアルタイム対応クロスドメイン付加価値ネットワーク用統合インフラストラクチャの作成と同じく、産業用クラウド・プラットフォームの一部である。
進捗評価	現在、ISO/IEC/JTC 1/SC 38「クラウドコンピューティング及び分散プラットフォーム」は、マルチクラウドの概念、特にマルチクラウド・サービスとデータ共有フレームワークの相互運用性に焦点を当て、標準規格の策定を進めている。だが、プラットフォーム・レベルでの技術協力という課題は、これまで標準化の分野では未解決のままになっていた。このようなコラボレーションは基本的に、柔軟性と拡張可能性のあるルールベースのフレームワーク・アーキテクチャ上に構築しなければならない。これにより、コグニティブ・サービス、リアルタイム・アプリケーション、データ主権、市場のほか、デジタルエコシステムにおけるその他多くの要件に対する現在および将来の要件について、広く受け入れられるフレームワークが実現するに違いない。そのために、Gaia-X エコシステムでは、「標準規格のアーキテクチャ」[10]として知られる規制、産業および技術標準への規範的な貢献を、Gaia-X エコシステムの参加者が利用できるようになっている。Gaia-X アーキテクチャ[11]で策定されたこれら一連のルールは、とりわけ、高レベルの相互運用性とセキュリティを約束するものである。

10 Architecture of standards :Gaia-X_Architecture_Document, December 21 を参照。

11 Gaia-X Architecture Document 21.12 Release

3.4 相互運用性

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.4-3** **ISO/IEC 21823 シリーズへの適合**	DIN NA 043-01-41 IoT およびその他の関連機関と委員会は、業界への直接的言及に関連して、現在の ISO/IEC 21823 シリーズ標準規格を慎重に検討し、国内委員会に報告する必要がある。セマンティクスに関する DIN/DKE 委員会がさらに含まれることになっている。
進捗評価	AAS に関連した標準規格の一貫性については、ISO/IEC 21823 シリーズ、特に ISO/IEC 21823-1「IoT システムの相互運用性」に関する作業が現在、IEC/TC 65/WG 24 によって実施されている。ISO/IEC JTC 1/SC 41「インターネット・オブ・シングスと関連技術」との連携で、IEC 63278-1 などの草案における「相互運用性」のコンテキストを検査し、必要に応じて適応させることになる。国レベルでは、この活動は、DIN NA 043-01-41 や DKE/AK 931.0.16 などの国内委員会によってサポートされている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.4-4** **用語の重複**	特に同一または同義の用法における用語の重複は、他の規範文書でのさらなる誤用を回避するため、関係機関が特定、検査、区別、変更すべきである。用語は、ISO/IEC 20924 など現行の国際標準規格や、語彙に関して IEC/TC 65 WG 23 で進められている活動と統合することを推奨する。
進捗評価	国際レベルで用語を統合するため、国際電気標準用語（IEV）のさらなる発展を任務とする合同プロジェクトチーム 3（JPT3）が IEC/TC 1 に設立された。これは、「標準化された IEC 用語」の信頼できる権威筋であり、インテリジェント・システムおよびデジタルシステムに関する用語を扱っている。JPT3 にとって大きな関心事の 1 つが、特に基本的用語に関する同期と重複回避である。このことは、とりわけ ISO/IEC 20924 と、IEC/TC 65/WG 23 で進められている用語関連の活動とに関わるものである。IEC/TC 65/WG 23/TF「スマート・マニュファクチャリングの用語と定義」は、JPT3 が推奨する対策を適切な方法で導入する。

3.5 統合

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.5-1** **セマンティクスに関する既存の標準規格（ISO 13585-1 または IEC 61360）の補足**	情報世界で必要なデータ形式は、ISO 13585-1 または IEC 61360 から取ったものである。ECLASS のプロパティもこれに基づいてコード化される。ただし、AAS やサブモデルでは、アセットの純粋に記述的なプロパティと比較すると、運用目的のために新たなプロパティタイプが必要となる。それは、アセットの状態やパラメータ、ならびにそれらの測定値とアクチュエータ値（動的データ）である。コマンドと機能全体（しばしばビジネス機能と呼ばれる）も、同じ概念を使用して記述しなければならない。今日の標準規格におけるプロパティの概念は、動的な値を正しく表すことができるよう、データモデルにおいてそのようなセマンティクスを拡張することである。それは、たとえば ISO 13585-1 と IEC 61360 データモデルの対応する新しい属性で実行することができる。機能／コマンドのモデルは開発されるか、標準規格で定義されている既存のものである。
進捗評価	この 1 年で、有効な AAS を作成するうえでの基本的側面の 1 つである標準化辞書の重要性が高まった。そのための重要な概念については、ホワイトペーパー「ECLASS の要素による AAS II データのセマンティクスのモデル化」[12]で説明されている。このドキュメントは、AAS の要件を満たすために必要であり、ECLASS 概念データモデルに欠けている構造を特定している。さらに、このホワイトペーパーでは、ECLASS データモデルのさらなる展開に関する提案も取り上げており、また、AAS メタモデルの必須要素が IEC 61360 によっても ECLASS によってもサポートされていないケースについて説明している。ECLASS データモデルの拡張に関する提案が、特定されたギャップに対して作成されている。 ECLASS での活動と並行して、IEC/TC 3/SC 3D もデータモデルに必要な拡張について調査を行っている。AAS の最初のプロトタイプ・サブモデル・テンプレートはすでに、IEC 一般データ辞書（Common Data Dictionaries：CDD）で実現されている。

12 ホワイトペーパー“Modelling the Semantics of Data of an Asset Administration Shell with Elements of ECLASS”。
https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Whitepaper_Plattform-Eclass.html

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.5-2** **ECLASS と CDD の間における プロパティの持続可能で 一貫した整合**	Industrie 4.0 コンポーネントの標準化されたセマンティクスの基本的な重要性を考えると、Industrie 4.0 コンポーネント間の重複した相互作用を防ぐという目的のため、同じセマンティクスに対し複数の異なる標準規格の共存は認められない。今日、IEC、ISO、ECLASS に関しては、特定の分野における並行開発を調整する必要がある。プロパティの整合を取る活動は、関係する ECLASS 委員会および IEC 委員会で促進しなければならない。特に、既存のプロパティを同じ意味論的レベルおよび構文的レベルに揃え、適応させる必要がある。新しいプロパティを指定するための標準化されたメカニズムと手順は、プロパティのさらなる相違を回避するため、ECLASS と CDD の間で同期させる必要がある。プロパティ（ならびにクラス、価値、単位など他の構造要素）の発行団体間において、意味論的に同一の要素が同じ名前とコードを持つよう、つまり同じことを意味するよう、整合を取るステップの後に標準規格を相互に連動させる措置が取られたのは理想的なことと言える。共通のコンテンツは、すべてのデータベースで同じように保持し、処理するか、1 つの共通データベースで管理し、コンテンツの不一致を構造的に防止する必要がある。主な発行団体は IEC および ECLASS であり、おそらく将来は、これに ISO が加わることになるだろう。その成果は公開する必要がある。
進捗評価	2020 年末、ECLASS と IEC は ISO と共に、単一の共通データリポジトリを構築するため、COMDO（One COMmon Data RepOsitory for Smart Manufacturing）プロジェクトを立ち上げた。ここでも、関連するユースケース全体での実装計画を策定するため、共通リポジトリに対する現在の実装アプローチで進捗が見られた。次のステップは、プロジェクト・パートナー（IEC/SMB、ISO/TMB、ECLASS 理事会）の技術運営委員会に対する、実行可能な提案の提出である。

3.6 産業用通信

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.6-1** **ローカル産業ネットワークと産業用モバイル無線ネットワークの間のシームレスな移行**	グローバル・モバイルネットワーク技術の新しい標準規格を設定するか、既存の標準規格を拡張して、ローカル産業ネットワークと産業用モバイル無線ネットワークの間のシームレスな移行を可能にする必要がある。このような異種混在型の産業用ネットワークの標準化の出発点は、5G でのイーサネット、TSN および OPC-UA の統合に関する 5G-ACIA のドキュメントである。
進捗評価	IEC/IEEE 60802 向けに現在開発中のプロファイルは、異種混在型産業ネットワークの接続要素である。このことは、5G と TSN テクノロジーを将来の産業用通信の鍵であるとする 5G-ACIA ホワイトペーパー「産業用通信のためのタイムセンシティブ・ネットワーキングと 5G の統合」[13]で取り上げられている。OPC Foundation の技術論文「OPC UA for Field eXchange (FX)」では、IEC/IEEE 60802 にも、「コンバージド・ネットワーク」における重要な役割が割り当てられている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.6-6** **産業用リアルタイム通信システムの評価のためのパラメータと方法のまとめ**	（有線および無線の）産業用リアルタイム通信システムの評価のためのパラメータと方法をまとめ、標準規格で統一して定義する。
進捗評価	産業用リアルタイム通信システムの評価に関する統一的アプローチが国際的標準化に取り入れられ、IEC/TC 65/AG 4「プロパティと CDD の調整」でさらなる展開が図られている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.6-7** **試験仕様の規定**	Industrie 4.0 の通信規格は、製品の性能、適合性および相互運用性を証明するために使用できるテスト仕様を規定するものとする。
進捗評価	IEC 61802 の標準化プロジェクトにおいて、IEC/IEEE 60802「産業オートメーションのための TSN」に基づく試験仕様のための標準規格策定作業が、IEC/SC 65C/WG 18「産業オートメーションのためのタイムセンシティブ・ネットワーキング」において進められている。

13 ホワイトペーパー"Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications"
https://5g-acia.org/whitepapers/integration-of-5g-with-time-sensitive-networking-for-industrial-communications/

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.6-8** **産業オートメーション用途のための周波数スペクトルの世界的調和**	産業オートメーション用の周波数スペクトルの世界的調和を実現するための取り組みは、測定および自動化技術の専門家による積極的支援を必要とする。業界団体および Plattform Industrie 4.0 は、周波数使用計画で検討するため、行政機関（ドイツの BNetzA など）のために議論のテーマと要件を設定する必要がある。国際的な調整が必要となる。3,700～3,800MHz の周波数レンジでローカル周波数を使用するための周波数割り当てについて、ドイツに適用される規制は、国際的調和のために世界中で適用されるものでなければならない。また、非公共産業ネットワーク運用のための概念と、公共ネットワーク事業者との共同によるネットワーク運用の概念同士の整合を図ることを推奨する。
進捗評価	スペクトルの側面に関する世界的調和は、5G-ACIA ホワイト ペーパー「コネクテッド・インダストリーと自動化のための 5G」[14]で取り上げられている。このドキュメントは、製造業の新たな 5G エコシステムにおけるすべての関係者の共同イニシアチブによって調和を達成することを提案している。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.6-9** **非公共ネットワーク**	非公共ローカル産業ネットワークを使用できるよう、グローバル・モバイルネットワーク技術の新しい標準規格を制定するか、既存の標準規格を拡張する必要がある。出発点は、5G ACIA の「ホワイトペーパー　産業シナリオのための 5G 非公共ネットワーク」とする。
進捗評価	5G ACIA の「ホワイトペーパー　産業シナリオのための 5G 非公共ネットワーク」[15]の改定版が利用できる。このホワイトペーパーでは、3GPP で定義された非公共 5G ネットワークの 4 つの産業用（IIoT）配備シナリオを取り上げている。さらに、主要な側面について、特にこれらのシナリオ間の違いを明確に示すうえで有効なサービス特性について検証が行われている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.6-11** **産業立地管理の統一された標準化**	産業立地管理には、次に挙げる事項の統一された標準化が必要である。 (1) 立地データを決定するテクノロジー (2) 立地データのフォーマット (3) データストレージ（集中/分散）に関する取決め (4) データ転送用プロトコル (5) アプリケーションおよび可視化ツール
進捗評価	Omlox[16]は、技術や製造に依存しない位置データの提供を可能にする技術標準である。産業環境に照らして整合を図る取り組みは、付加価値をもたらし、たとえば位置測定システムの技術的複雑さを軽減することができる。標準化されたインターフェイスにより、顧客施設でのシステム統合が容易になり、将来の拡張が可能になる。

14 5G for Connected Industries and Automation (Second Edition)を参照。
15 5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios を参照。
16 Omlox

3.7 Industrie 4.0 における人と仕事

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-1**	社会技術的側面を考慮するための最小限の標準規格の策定は、人間工学および作業設計に関するさまざまな一般的標準規格において検証されることになる。作業システムの設計に関するステートメントは、現在数多くの標準規格で分散して取り上げられている。つまり、運用計画立案者が Industrie 4.0 ソリューションを計画する際に、それらを見つけ出し、検討することが困難になっている。そのためには、人間工学標準化における関係の概要も改善する必要がある。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-2**	このような背景から、運用計画立案者には、Industrie 4.0 に関するすべてのプロセス関連ステートメントの要約を含むドキュメントを提供することを推奨する。それはまず、Industrie 4.0 ソリューションのための作業システム設計のガイドに実装することが必要となる。
進捗評価 **2.7-1～2.7-2**	同じ評価が両方の行動提言に当てはまる。DIN NA 023-00-06 AA「Industrie 4.0 における作業構造と製品設計のための人間工学」は、この提言を取り上げており、これに関連するプロジェクトは始動段階にある。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-8**	作業組織の漸進的な自動化と機械化は、人間同士の相互作用プロセスの減少につながる可能性がある。従業員の精神的ストレスに対する潜在的影響に関して、社会的孤立の課題を特定し、評価するよう注意しなければならない。次に挙げる標準規格を補足または修正する必要がある：DIN EN ISO 10075-2。
進捗評価	行動提言に記載されている追加または変更の必要性については、対応する作業が DIN EN ISO 10075-2 で進められている。ロードマップ第 4 版で言及されている行動提言は、DIN NA 023-00-06 AA「Industrie 4.0 における作業と製品設計の人間工学」によって導入された。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-13**	中期的には、生涯学習とデジタルリテラシーの重要性が増大するだろう。従業員の資格に対する技術的サポートの新たな可能性から、従業員は他のより多様なタスクを実行できるようになる。これにより、DIN EN ISO 27500 草案など一部の中心的標準規格のほか、DIN EN ISO 9241-11、DIN EN ISO 9241-20、-100、-171 および-210、DIN EN ISO 26800、DIN EN ISO 10075-2 などその他の標準規格を変更する必要が生じる。
進捗評価	生涯学習やデジタルリテラシーの側面のさらなる統合というかつて定式化された必要性は、DIN EN ISO 27500 の導入によって、具体的なステップへと変わった。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-17**	支援システムでは、ルートの最適化、時間の節約、タスクの順序など、運用上、組織上の目標に関連して、タスクを処理するシーケンスやその背後にあるシステムを指定することができる。インターフェイスの設計は、従業員が次の仕事をいつ受け入れるか、次の仕事をどのように実行するかなどを決定できるものにする必要がある。従業員がプロセスを管理し、決定できなければならない。たとえば、機械に関する C 標準規格である DIN EN ISO 614-2 および DIN EN 10075-2 は修正が必要である。
進捗評価	DIN EN ISO 10075-2 により現在、精神的負荷に関する人間工学的原則のための設計原則への取り組みが進められている。以前策定された行動提言が、DIN NA 023-00-06 AA によってプロセスに取り入れられた。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-26**	従業員が協働ロボットを教育するプロセスは、人間工学に基づいて設計する必要がある（例：期待に応える、エラー耐性がある、自己記述的）。たとえば、ISO/TS 15066、DIN EN ISO 10218-2 は改定が必要である。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-27**	外骨格デバイスの要件は、標準規格において、より具体的に定める必要がある。該当する標準規格はまだない。新しいプロジェクトを開始する必要がある。
2.7-26 および 2.7-27 の進捗評価	同じ評価が両方の行動提言に当てはまる。2021 年に、合同作業委員会 DIN NA 023-00-08 GA「外骨格デバイス」が、DIN 人間工学規格委員会内に設立された。この委員会の目標は、まず協働ロボットの教育プロセスにおける標準化の必要性について検討することである。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-29**	技術システムの構築および設計では、特にヒューマン＝マシン・インターフェイスの設計で、学習を促進する設計の側面を考慮する必要がある。これは、将来を見据えたうえで、運用プロセス（制御および情報プロセス、通信およびフィードバック・プロセス）を考慮すべきケースである。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **2.7-30**	生涯学習を定着させるための手順は、継続的な改善プロセスの一部として定義する必要がある（また、既存の専門知識は段階的学習によって更新する必要がある）。
2.7-29 および 2.7-30 の進捗評価	同じ評価が両方の行動提言に当てはまる。学習を促進する作業設計は、デジタル化された仕事の世界で能力の維持要件と発展要件を効率的かつ効果的に満たし、作業システムの学習ポテンシャルを活用するうえで、企業にとって重要な行動分野である。以前策定されたこの 2 つの行動提言では、VDI/VDE MT 7100 および DIN EN ISO 10075-2 の枠組み内における学習に資する作業設計についての進行中の標準化活動が取り上げられている。VDI/VDE-MT 7100 Part 1 では、企業、従業員、社会にとってのメリットと、学習を促進する作業設計の目標について概説している。主要な促進要因と必要性の概略が示されており、これには、デジタル・トランスフォーメーションのスピードと範囲、世界の競争状況、価値創造のダイナミクスと複雑さの増大、人口動向、労働力への期待の変化が含まれる。すでに述べたように、DIN EN ISO 10075-2 は、精神作業負荷に関する人間工学的原則（2.7-17）の設計原則を扱っている。ここでも、DIN NA 023-00-06 AA に行動提言が取り込まれている。

4
進捗状況 第 3 章 : 分野横断的トピックスの標準化の必要性

4.1 オープンソース

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.1-1:** **アジャイル標準化プロジェクトの継続と強化**	パイロット・プロジェクトを通じてアジャイル標準化をさらに発展させ、標準化とオープンソースとの連携を強化することを推奨する。Industrie 4.0 の枠組み内にある仕様（例：DIN SPEC、VDE SPEC）は、パイロット・プロジェクトを実施する良い契機となり得る。
進捗評価	行動提言のさらなる実施に対する基礎が築かれた。オープンソース・ソリューションの役割が標準化にとって重要であり、またその逆の関係も成り立つことが確認されている。その結果として、現在の議論では、標準化における「**標準化へのアジャイルアプローチ**」と「**オープンソース・ソリューション**」という用語を切り離す方向に進んでいる。そのため、初期段階では、2 つの異なる方向性が生まれることになる。 → **標準化へのアジャイルアプローチ**：アジャイル標準化の分野では、SCI 4.0 と LNI 4.0 の相互作用によって、アジャイルアプローチを有効化する方法（たとえば機能ギャップを標準化にフィードバックする方法）がすでに実証されている。これに基づいて、標準化は非常に迅速かつ的を絞った方法での対応が可能となる。このことに関する実施形態の具体例は、テストベッド「AAS」[17]である。さらにもう 1 つの例が、DIN SPEC 92222「産業用クラウド・フェデレーションの参照アーキテクチャ」[18]である。ここでは、Labs Network Industrie 4.0（LNI 4.0）の Cloud2Cloud テストベッド[19]との協力で、具体的なユースケースを検証して、テスト結果を標準化プロジェクトに直接フィードバックできるようになった。OPC-UA による産業用クラウド・フェデレーションの技術的実装に関する作業は、DIN と OPC Foundation の合同作業グループで続けられおり、必要な標準化要件は、テストベッドの枠組み内でデモンストレータ形式により具体的なユースケースに基づいて導出されている。これらの手順は、具体的な行動提言の実践的準備を可能にするアジャイル標準化アプローチの例である。 **標準化環境からのオープンソース活動のサポート**：DIN/DKE 合同オープンソース・プログラム・オフィス（共合同 OSPO）が設立されたことで、現在、さまざまな集団における標準化とオープンソース・ソリューションの間の相互作用の成功に関連した質問に対応するための連絡窓口の設置が進められている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.1-2:** **オープンソースによる実装の例**	Industrie 4.0 の普及を加速するため、オープンソースとしてのサンプル実装の開発をさらに強力に推進する必要がある。ライセンス提言と法律専門家の意見を活用して、オープンソース・プロジェクトの利用、特に参加が容易にできることを確認する必要がある。
進捗評価	オープンソースのトピックスは現在、CEN-CENELC（DITSAG）プロジェクト 4：「オープンソース・ソリューション」という欧州レベルと、近々設立される予定の DIN/DKE 共同 OSPO という国内レベルの両方で進められている。そこから得た結果は相互調整が行われ、パイロット・プロジェクトで検証が行われている。

17 LNI4.0：Testbed AAS を参照。

18 https://www.beuth.de/en/technical-rule/din-spec-92222/346097997 を参照。

19 https://lni40.de/cloud-kommunikation-ohne-grenzen/を参照。

4.2 産業セキュリティ

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-1:** **EU サイバーセキュリティ法と新しい法的枠組みの調和**	EU サイバーセキュリティ法[20]と新しい法的枠組み[21]という 2 つの規制アプローチの相互作用に関する、当局および立法者、標準化団体の間の建設的かつ包括的な調整を適時実施する必要がある。
進捗評価	複雑さとそれに関連するコスト要因のため、産業セキュリティの標準化プロセスには、影響を受けるすべての利害関係者が参加することが非常に重要である。利害関係者には、コンポーネント・メーカー、機器メーカー、インテグレータ、証明者、オペレータ／ユーザーが含まれる。さらに、規制レベルでの関与は、特に欧州ベース（EU、ENISA）においては、「新しい法的枠組み」という意味で、将来の規制（サイバーセキュリティおよびサイバーレジリエンス法）の実現可能性を確保するため、早い段階で必要となる。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-2:** **セキュアなドメイン間通信のためのセキュリティ・インフラストラクチャ**	セキュアな通信には、セキュアな識別手段（識別手段と属性）およびトラストアンカーが必要である。セキュアな識別手段を生成および管理し、その信用性を確保するには、セキュアなインフラストラクチャが必要となる。そのための要件としては、スケーラビリティ、レジリエンス、採算性、長期的な目的適合性および地域的法的権限を超えかつそれから独立した（ユーザー定義の）信用性などがある。セキュアな Industrie 4.0 通信をサポートするためのクロスドメイン・ガバナンス機構を定義し、標準化しなければならない。これには、すべての産業関係者の緊密な連携が必要になる。国内および地域的ソリューション（eIDAS など）[22]の使用と統合の可能性については、規制当局の支援を得て調査し、実地試験／パイロット・プロジェクトによる試験を実施しなければならない。
進捗評価	産業環境のセキュリティに関する研究ニーズの分野でも決定的な活動が実施されてきた。これは、グローバル・バリューネットワークにおける通信用のセキュアな識別手段のためのインフラストラクチャの定義と実装、ならびに関連コンポーネントおよびシステムの信用性の確保に関係している。過去 1 年の間に、eIDAS などのソリューションが登場した。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-5:** **Industrie 4.0 のアクセス、役割および承認メカニズム**	Industrie 4.0 のための協力という枠組み内でのデータおよびリソースへのアクセスと使用には、標準化されたルールが必要である。IEC 62351「電力システム管理および関連する情報交換ーデータと通信セキュリティ」などの既存の概念は、出発点としての役割を果たすことができる。実装を管理する境界条件には、スケーラビリティと、特定の垂直要件形式での表現の可能性が含まれる。
進捗評価	新規作業項目提案 IEC 63278-3: Part 3：「**アセット管理シェルのセキュリティ規定**」の標準化活動の一環として、Industrie 4.0 のデータおよびリソースへのアクセスメカニズムの定義が IEC/TC 65/WG 24 で導入されている。

20 Cyber security and Cyber resilience Act: Cyber Resilience Act | Shaping Europe’s digital future (europa.eu)を参照。

21 New legislative framework (europa.eu)を参照。

22 eIDAS 規制：eIDAS Regulation | Shaping Europe’s digital future (europa.eu)を参照。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-6:** **AAS のタイプ情報および インスタンス情報を交換する ためのセキュリティ標準**	タイプやインスタンスに関する情報を交換するためのオンラインオプションおよびオフラインオプションが用意されている。転送ファイルのデータ形式が提案されている。真正性および機密性を確保するためのメカニズムは、グローバル標準規格として定義および確立しなければならない。アクセス API が定義される。これは、セキュアな識別手段（行動提言 3.2-2 を参照）およびアクセス制御（行動提言 3.2-5 を参照）の概念と調和させなければならない。
進捗評価	IEC/TC 65/WG 23 および WG 24 では、セキュリティ要件と概念に関する作業が、「スマート・マニュファクチャリング・フレームワークおよびシステム・アーキテクチャ」のコンテキストで開始されており、またセキュリティ・バイ・デザイン（IEC TR 63283-3「サイバーセキュリティの課題」および IEC 6378-3: Part 3：「アセット管理シェルのセキュリティ規定」を参照）という意味での「デジタル管理シェル」に関する作業が開始された。次のステップでは、作業の一貫性を確保するため、IEC/TC 65 と ISO/IEC/JTC 1/SC 27「情報セキュリティ、サイバーセキュリティおよびプライバシー保護」との合同諮問グループを設立する。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-7:** **インテグレータおよびオペレータ 向けの標準化されたセキュリティ 開発プロセス**	IEC 62443-4-1「セキュアな製品開発ライフサイクル要件」は、コンポーネント・サプライヤのセキュリティ・エンジニアリング・プロセスを定義している。これは、「セキュリティ・エンジニアリング」という意味での包括的で一貫したセキュリティ・アーキテクチャの実装を可能にするため、付加価値ネットワークの一部を形成する関係者（機械メーカー、オペレータおよびインテグレータなど）を考慮するよう拡張しなければならない。
進捗評価	IEC 62443「産業オートメーションおよび制御システムのセキュリティ」シリーズの標準規格は、オペレータ、インテグレータおよびメーカー向けの包括的アプローチで、IACS サイバーセキュリティをサポートする。その目標は、実装、統合および運用のためのセキュリティ・ガイドラインを定義することによって、コンポーネントとシステムのインテグリティおよび可用性を実現し、保証することである。このことは、Industrie 4.0 のセキュリティにとっても非常に重要なことである。IEC/TC 65/WG 10「産業プロセスの測定と制御のためのセキュリティ－ネットワークとシステムのセキュリティ」は ANSI/ISA 99 と協力して、更新および完成を目指して取り組んでいる。さらに、IEC 62443 シリーズの水平化へのアプローチに関する議論が進められている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-8:** **組込みシステムのセキュリティ 要素の汎用インターフェイス**	Industrie 4.0 デバイスでの暗号ベースのセキュリティ機能の実装は、攻撃から保護しなければならない。適切なセキュリティ・ハードウェアを統合することで、高いセキュリティレベルを実現することができる。ただし、市販のアセンブリが多様で複雑であり、特殊な境界条件を備えていると、統合コストが高くつき、したがってメーカーやインテグレータ、なかでも中小企業にとっては、利用しにくいものとなる。「Generic Trust Anchor API」は、多くのハードウェアメーカーが統一プログラミング・インターフェイスとして採用しており、有益である。
進捗評価	統一プログラミング・インターフェイスについては、ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 3「IoT 基礎的標準規格」で、標準 ISO/IEC TS 30168「モノのインターネット（IoT）－産業用 IoT のための汎用トラストアンカー・アプリケーション・プログラミング・インターフェイス」が開始され、その処理が現在進行中である。将来は、ハードウェアベースのセキュリティを工業製品に統合することが容易になり、特に、必要不可欠なインフラストラクチャに対するサイバーセキュリティの実装が促進されることになる。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.2-9:** **産業向け 5G セキュリティ**	第 5 世代（5G）モバイル通信は、可用性、セキュリティ、容量に対する幅広い要件を満たすことを目的としている。データや、データの送信元および受信先の間のデータ転送は、動的に変更したり、処理したりすることができる。その結果、ネットワークはインテリジェント化される。したがって、ISO-OSI モデルでは、5G テクノロジーを 1～7 のすべてのレベルに配置することが可能である。 5G テクノロジーとその用途はクラスタ化することができる。 → 製品開発の一環としての 5G コンポーネントのインストール → 現場での 5G のローカル使用と自組織による運用 → モバイルプロバイダが提供する 5G サービスの利用 5G の新機能と可能性には、動的で柔軟かつスケーラブルなセキュリティ・アーキテクチャが可能であることが求められる。適切な産業ユースケースに基づいて、5G 規格の枠組みにおいて、ISO/IEC 27001 や IEC 62443 などの既存のセキュリティ規格を考慮したうえでセキュリティ要件を策定することが可能でなければならない。 → 産業セキュリティ・ガイドラインは、特に Industrie 4.0 ベースの企業間通信において実装可能でなければならない。 → IEC 62443 および ISO/IEC 27001 の適用は、特に企業内での業務に関して可能でなければならない。 → デバイス、機械、プラントの通信のメタデータ保護を保証しなければならない。このことは特に、電気通信事業者が信号チャネルを介して収集できるデータに適用される。 → 業界互換のセキュリティ要件を 5G 標準化プロセスに積極的に組み込む必要がある。
進捗評価	産業環境における 5G 通信の活用に関する特殊なセキュリティ側面は、5G ACIA を介して 3GPP への導入が進められている。目標は、産業分野への 5G の統合を容易に行えるようにすることである。初期の結果は、3GPPTS33.501 に統合され、利用することができる。

4.3 データ保護／プライバシー

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.3-1:** **バリュー・ネットワークの信用性**	付加価値ネットワーク内での個人データの保護から、特にバッチサイズ 1 の個人に合わせて作られた製品に必要な個人データの保護までのプロセス基準の定義： → それぞれのコンテキストにおけるデータおよび情報の分類規則（コンテキストは、データの感受性と有意味性に大きな影響を与えるため強い関連性がある。たとえば、薬物データベースにリンクできるようにならない限り、インターネットでの注文で使用する商品番号は無害に見えるが、リンクされると、その製品が、たとえば、抗がん剤や向精神薬であることが明らかになる。商品番号の形式が医療機器を意味するという知識も重要である）。 → 機密データと情報の交換に関する規則（どのデータが、どのような状況下で、どこに渡される可能性があるか） → 受信者はそれで何ができるか？必要な場合、いつ削除するべきか？ → 協力パートナーの信用性の評価方法：メカニズムの例としては、メーカーの宣言、認証、監査がある。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.3-2:** **プライバシー順守監査**	個人データを処理したり、データ保護に適合する方法によって危険なインターフェイスでの作業を行ったりする際のプライバシー順守監査プロセス用標準規格の定義。次のような方法がある。 → データ保存（例：集計）ロギングの方法 → 機密データを、将来集計したり、削除したりできるよう、ローカルで処理および評価する方法
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.3-3:** **データ保護基準と Industrie 4.0 シナリオの関係**	Industrie 4.0 シナリオに関連する既存の標準規格の目的に対する適合性を明確にしなければならない。 → ドメインの境界（例：管轄区域間の境界）を越えた自動通信の場合、関連するデータ保護要件と、それから派生した関連セキュリティ要件の調整が必要になる。 → アクセス制御基準は、たとえば、EU からデータ保護のレベルが EU と同等であると認められている第三国または認められていない第三国へなど、バリューチェーンでの国境を越えたデータ転送の場合、特にそのような認識が許可されたりまたは撤回されたりする可能性があることから、それぞれのデータ保護レベルが確実に考慮されるようにするため、ドメイン指向の方法でリソースが管理できなければならない。アクセス制御基準のドメイン指向管理は、こうした認識ダイナミクスを機能的にカバーするものでなければならない。データ保護基準は、Industrie 4.0 プロセスで製造された「インテリジェント」家電製品（家電製品、おもちゃなど）とその通信ニーズ（メーカーへの返信を含む）に適用しなければならない。

3.3-1～3.3-3 の進捗評価

バリュー・ネットワークの信用性に関連する最初の標準規格の策定が行われている。その結果、この分野には、組織における情報セキュリティ管理や、IoT デバイスでの消費者保護といった副次的トピックスからのアプローチが行われている。ISO/IEC 27701「プライバシー情報管理のための **ISO/IEC 27001** および **ISO/IEC 27002** への拡張－要件とガイドライン」の発行に伴い、ISO/IEC 27001 および ISO/IEC 27002 に対する情報セキュリティ管理証明のユーザーの多くがプライバシーに関わる視野を拡大している。証明に関連するテストと、必要な手段の技術的および組織的な実装に関する質問により、Industrie 4.0 セクターでも同じように、データ保護と ID 管理[23]に関連する標準規格の導入の必要性が生じている。その他の関連標準規格は、ISO/IEC DIS 27556「ユーザー中心のプライバシー・プリファレンス管理フレームワーク」、ISO/IEC DIS 27557「組織的プライバシーリスク管理」、ISO/IEC DIS 27559「プライバシー強化データ匿名化フレームワーク」、ISO/IEC AWI TS 27560「同意記録情報構造」、ISO/IEC AWI TS 27561「プライバシー運用可能化モデルとエンジニアリング手法（POMME）」、ISO/IEC DTR 27563「人工知能のユースケースにおけるセキュリティとプライバシーの影響」などが、ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 5「ID 管理およびプライバシー技術」によって策定作業が行われている。情報セキュリティ管理システムの監査員および証明者に対する要件も、ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 5 によって策定済みであり、市場からの緊急の要求により、ISO/IEC TS 27006-2「情報セキュリティ管理システムの監査および証明を実施する機関の要件－パート 2：プライバシー情報管理システム」として暫定的に公開されている。現在、TS は完全な国際標準として策定が進められている。

IoT デバイスは個人データを処理することがきわめて多いことから、ISO/PC 317「消費者保護－消費財およびサービスのプライバシー・バイ・デザイン」の ISO/DIS 31700 プロジェクト（プロジェクト名は同名）の中心課題となっている。デバイスは納入後も、メーカーからのアクセス（「自宅への電話」）を受け入れることができ、個人の利用状況に関するデータを送信することも可能であるという Industrie 4.0 シナリオも考慮対象に入っている。

IoT セキュリティとプライバシーに関するその他の標準規格は、ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 4「セキュリティ管理およびサービス」による ISO/IEC 24700、ISO/IEC 24702 および ISO/IEC 24703 の各プロジェクトで策定が行われている。

23 特に（例：ISO/IEC 29100、ISO/IEC 24760、ISO/IEC 29134、ISO/IEC 29184、ISO/IEC 27555）

4.4 Industrie 4.0 における価値創造プロセスの信用性

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.4-1:** **I4.0 付加価値ネットワーク内でのコラボレーションの信用性に関するプロセス標準の定義**	これには以下の事柄が含まれる。 → 「信用性機能プロファイル」の標準化 → 協力パートナーの信用性の評価方法。メカニズムの例としては、メーカーの宣言、認証、監査がある。 → 分類されたデータと情報を交換するためのルール → B2B 用の最小限のセキュリティ要件 → プロセスとコンポーネントの統合 → 規制条項の順守
進捗評価	現在、信用性環境における信用性のためのプロセス標準の定義は、ISO/IEC/JTC 1/WG 13「信用性」が取り組み、対応に当たっている。これらの IoT 関連の結果は、ISO/IEC/JTC 1/SC 41 のほか、サプライチェーン・セキュリティというトピックスに関する ISO/TC 292「セキュリティとレジリエンス」が取り上げ、中心となって作業を進めている。

4.5 Industrie 4.0 における機能安全

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.5-1**	Industrie 4.0 概念の実装は、プラントおよびコンポーネントの一層のモジュール化を引き起こし、エンジニアリング・プロセスに対しても大きな影響を与える。Industrie 4.0 概念では、プラント安全性と機能安全の問題をどのように考慮することができるかを検討する必要がある。これは、AAS の概念を「安全な AAS」へと拡張することで実現できる。
進捗評価	Industrie 4.0 が安全ライフサイクルに与える影響というトピックスは、DKE 作業グループ 931.0.14「スマート・マニュファクチャリングと Industrie 4.0」の「安全に関するタスクフォース提言」で検討が進められている。意味論的機能による安全プロパティの記述は、安全ライフサイクルの個々のステップ（リスク分析など）の（機械解釈可能な）デジタル・ドキュメンテーションの中心と見なされている。 そのためには、意味論的に相互運用可能な（機械解釈可能な）記述の標準化された形式が必要となる。上記のタスクフォースは、危険と安全対策の標準化された記述を作成するプロジェクトを提案した。リスク分析のトピックスは、たとえば、ISO 12100「機械の安全性－設計の一般原則」（または、HAZOP 手法など）のレベルで検討する必要がある。機械解釈を可能にするための最小要件についても説明することになる。このプロジェクトの結果は、AAS の概念と、サブモデルのアセット側面の記述に組み込むことが必要だ。ドイツと中国の間における標準化協力の枠組みの中で、現在、「安全データ辞書」という概念の策定が進められている（行動提言 3.5-2 も参照）。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.5-2**	標準化された手順と方法を開発することで、技術文書の機密性を損なうことなく、ライフサイクル全体のオンタイムのリスク管理を可能にする必要がある。ドイツと中国の最新の協定に従い、まずガイドラインを作成する必要があり（「**Industrie 4.0 とインテリジェント・マニュファクチャリングの機能安全に関する中国＝ドイツ・ホワイトペーパー**」[24]）、それは、プラント安全性に関するさまざまな Industrie 4.0 アプリケーション・シナリオがもたらすことが考えられる影響（リスクの増加、またはリスク低減策の失敗）に対して利害関係者を敏感にさせるものである。
進捗評価	2020 年 7 月に発表された「**Industrie 4.0 とインテリジェント・マニュファクチャリングの機能安全に関する中国＝ドイツ・ホワイトペーパー**」は、システム間の複雑さと相互接続性の増大に対処し、インフラストラクチャ全体が内部障害やサイバー攻撃に対してどのように脆弱性を増しているかの概要を示している。この点で、同ホワイトペーパーは既存の標準規格や仕様を分析し、Industrie 4.0 の安全性を実現するための提言を行った。すでに取り上げたように、「**デジタル安全ライフサイクル管理**」という概念は現在、ドイツと中国の標準化協力（DCKN）の枠組み内で調査が行われている。DKE/AK 931.0.14「タスクフォース安全性」の「スマート・マニュファクチャリングのための安全提言に関するレポート」の枠組みの中で、「**デジタル安全ライフサイクル管理**」の方向性に沿った、さらに具体的なアプローチの開発が現在行われている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.5-3**	産業環境における AI システムの使用がプラント安全性に及ぼす影響を考慮する必要がある。AI を使用するときにどの程度安全要件を満たすことができるかについて、また、そうした要件を標準規格でどのように記述できるかについて、Explainable AI（説明可能な AI）など、AI の研究や応用に関する最新の調査結果を検討すべきである。
進捗評価	プロジェクト ISO/IEC TR 5469「人工知能－機能安全と AI システム」は、ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 3「人工知能－信用性」が IEC/TC 65/SC 65A「システム一般」と共に開始したものである。このテクニカルレポートでは、AI メソッドによって安全関連機能を実現するための、プロパティ、リスク要因および可能なアプローチについて説明が為されている。このテクニカルレポートは、2022 年中の発行が予定されている。そのために、作業グループ DKE/AK 914.0.11「機能安全と人工知能」が DKE に設立された。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **3.5-4**	安全性とセキュリティに関する作業をさらに深化させ、より具体的なものにする必要がある。これは、IEC TR 63069「工業用プロセス計測制御－機能安全とセキュリティのためのフレームワーク」の改定の一環として行う必要がある。技術仕様（TS）または国際標準規格（IS）としての公開に向けたさらなる開発について協議する必要がある。
進捗評価	IEC TR 63069 の改定が予定されている。ただし、正式な改定はまだ開始されていない[25]。

24 Sino-German White Paper on Functional Safety for Industrie 4.0 and Intelligent Manufacturing (bundesregierung.de)
25 2022 年 1 月現在

4.6 産業アプリケーションにおける人工知能

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-1** **Industrie 4.0 のための人工知能関連用語の標準化**	「人工知能」に重点を置いた既存の（国際的）標準規格の用語の定義は、Industrie 4.0 での適用性に関して、一貫性の検証を継続的に実施し、必要に応じて明確化を図る。適用に関する不整合や障害が特定された場合は、対応する標準規格委員会で処理する。
進捗評価	標準規格 ISO/IEC 22989「情報技術ー人工知能ー人工知能の概念と用語」（ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 1）が、この分野の用語を定義している。国内委員会の作業は、NIA の DIN/DKE「人工知能」合同委員会で実施され、SCI 4.0 専門家評議会「産業アプリケーションにおける人工知能」の代表者も、Industrie 4.0 の適用性の一貫性を継続的にチェックするためにスタッフメンバーとして活動している。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-2:** **アプリケーション・シナリオとユースケース**	Plattform Industrie 4.0 の作業グループ 2 の準備作業に基づいて、国内で調整し策定する、Industrie 4.0 の人工知能に関するアプリケーション・シナリオとユースケースを、二国間の作業グループおよび国際的作業グループと専門家グループ、さらに標準規格委員会が取り入れる。統一テンプレートと IIRA Viewpoints の使用を目指す必要がある。
進捗評価	テクニカル レポート ISO/IEC TR 24030「人工知能ーISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 4 のユースケースーユースケースとアプリケーション」が 2021 年に発行された。このドキュメントには、Industrie 4.0 環境のユースケースも含まれている。テクニカルレポートは現在、Industrie 4.0 関連のユースケースの追加および分析ができるよう、改訂作業が行われている。ユースケースは、IEC/TC 65/WG 23 の作業の一部として収集および分析が行われた。収集したユースケースは、2022 年に、IEC TR 63283-2「工業用プロセス計測制御ースマート・マニュファクチャリングーパート 2：ユースケース」の一部として公開される予定であり、結果的に AI のアプリケーションのユースケースが含まれることになる。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-3:** **AI メソッド適用のための標準化された評価フレームワーク**	AI メソッドの統一されたロケーション・フレームワークと評価フレームワークは、水平標準化団体が開発する必要がある。技術システムの自律性の適切な分類、Industrie 4.0 の評価方法に必要な測定基準、ならびにその他の要件、概念および方法論は、垂直標準規格委員会が取り扱うべきであり、適切な方法で標準規格委員会が採用する必要がある。
進捗評価	国際的には、ISO/IEC 5392「情報技術ー人工知能ー知識工学の参照アーキテクチャ」や ISO/IEC 42001「人工知能管理システム」など、水平 AI メソッドとシステムに関する標準と仕様が公開されている。DIN/DKE 合同委員会「人工知能」の国内委員会の作業を通じて、この方法で策定された標準規格と仕様の結果は、SCI 4.0 AI 専門家評議会が Industrie 4.0 のために直接レビューを実施することができ、それに基づいて垂直標準化作業を開始することが可能になる。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-5:** **AI の信用性**	人工知能や、AI プロセス、AI 技術または AI メソッドが使用されるシステムの信用性の重要度を詳細に調査することになっており（行動提言 4.1-1、4.1-2 も参照）、特に、IT セキュリティや機能安全などの分野横断的テクノロジーへの基本的参照を確認することになっている。
進捗評価	信用性に関する一連の標準規格は、ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 3「人工知能ー信用性」で策定作業が行われている。AI に関する信用性の概要は、公開済みのテクニカルレポート ISO/IEC TR 24028「情報技術ーAIー人工知能における信用性の概要」で取り上げられている。さらに、テクニカルレポート ISO/IEC TR 24027「情報技術ー人工知能（AI）ーAI システムと AI 支援意思決定におけるバイアス」が 2021 年に発表された。VDE 適用規則 VDE-AR-E 2842-61-1「自律型／コグニティブシステムの開発と信用性」により、AI の信用性に関する重要な暫定的標準規格が 2021 年 7 月に公開された。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-6:** **標準化マップの策定と継続的更新および行動戦略の導出**	AI の標準化ロードマップ Industrie 4.0 第 4 版で提示されたさまざまな行動提言を活用するため（特に、行動提言 4.1-1、4.1-2、4.1-4A、4.1-5 を参照）、AI 全般と、特に産業アプリケーションにおける AI の標準化マップの作成を推奨する。特に、ISO、IEC および欧州レベルでの他の国際標準化活動（例：Stand.ICT.eu プロジェクト、人工知能フォーカスグループ）との交流を積極的に推進する必要がある（行動提言 4.1-7 も参照）。
進捗評価	AI に関連した標準化マップと行動戦略に関する作業は、国内、欧州および国際の各レベルで開始または公開されている。標準化ロードマップ AI の第 1 版の結果は、すでに 2020 年に発表されており、ドイツ政府に引き渡されている。第 1 版で策定された、規定として同定された行動提言は、現在導入が進められている。現在開始されている DIN/DKE 標準化ロードマップ AI の第 2 版には、同ロードマップの第 1 版の結果を継続し、さらに発展させるというタスクがある。第 2 版では、Industrie 4.0 に加えて、AI の関連する側面についての 6 つの重点トピックスを扱っている。さらに、新たな重点トピックスが設定されており、たとえば、社会技術システム、金融サービス、エネルギー／環境などのテーマが検討対象に挙げられている。 欧州レベルでは、CEN-CLC JTC 21「人工知能」が 2021 年 6 月に設立され、その WG 1「戦略的諮問グループ」は、目的の 1 つとして、欧州に焦点を絞った標準化ロードマップと戦略の策定に取り組んでいる。国際レベルでは、ISO/IEC/JTC 1/SC 42「人工知能」の諮問グループが 2021 年秋に設立され、標準化マップと進行中および公開済みのプロジェクトの概要を作成した。同じ SC の他の作業グループは、それぞれのテーマ分野の新たなプロジェクトのロードマップ戦略を、特別グループにおいて策定中である。産業アプリケーションにおける AI というコンテキストでの主要標準化団体とその構造組織の継続的更新の概要は、SCI 4.0 専門家評議会「産業アプリケーションにおける人工知能」の Web サイトで確認することができる。

行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-7:** **（国内および国際的な）標準化ロードマップおよびガイドラインとの同期、調整および交換**	人工知能をはじめ、水平標準化委員会における産業オートメーションの要件の保護と確認、垂直標準化という意味での Industrie 4.0 用人工知能の要件と標準化活動の調整および調和については、標準化活動に関わる委員会同士の交流を強化しなければならない。特に、水平標準化団体（ISO/IEC JTC/1 SC42 など）による、Industrie 4.0 での垂直ニーズおよび要件への関わりが必要であり、それはこうした団体の業界代表や、垂直および水平標準化団体の各国代表および研究機関代表が参加することによってのみ確実を期すことができる。このタスクは、Industrie 4.0 に関連した標準化活動の調整と調和を担当していて、水平標準化団体と緊密に連携し、人工知能の課題に明確な姿勢で対応する組織に委託するべきである。
進捗評価	Industrie 4.0 に関する大きなセクションも含むドイツの DIN/DKE 標準化ロードマップ AI 第 1 版は、欧州レベルでは、AI フォーカスグループと CEN-CLC JTC 21「人工知能合同技術委員会」の両方で取り上げられ、議論された。CEN-CLC JTC 21 は、DIN/DKE 標準化ロードマップ AI の提言に基づいて設立された組織である。2021 年秋、新たに設立された AI に関する DIN/DKE 合同委員会は、DIN/DKE 標準化ロードマップ AI を、国際標準化ロードマップ作業の準備のために、ISO/IEC JTC 1/SC 42「諮問グループ」に提出することを決定した。Industrie 4.0 における標準化の AI 固有側面のさらなる調和は、現在、各国が二国間対話を通じて積極的に推進している。特に、ドイツと中国の標準化協力では、I4.0[26]下位作業グループの枠組みで、ドイツと中国の国内および国際標準化活動の概要と比較において、標準化の AI 固有側面が詳細に検討されている。
行動提言 **ロードマップ第 4 版** **4.1-8A:** **自動評価用にデジタル方式で策定された標準規格と仕様**	自動評価用にデジタル方式で策定された標準規格と仕様 Industrie 4.0 と、特に AI の使用は、デジタル方式で策定された標準規格と仕様の適用で先駆的な役割を果たすことができる。これには、デジタル方式で策定された標準規格の可用性と適切な評価手順の両方が必要となる。自動評価のためにデジタル方式で策定された標準規格の適用について調査し、促進することが必要である。たとえば、機械による解釈が可能な標準規格を使って、コンポーネント、機械、システムの開発における自動評価を行い、標準規格への開発の適合性を自動的にチェックすることができる（行動提言 4.1-4A を参照）。
進捗評価	2017 年には、DIN と DKE がすでに SMART Standards 概念への取り組みを始めていた。2019 年には、欧州レベルで、DIN と DKE が参加してパイロット・プロジェクトが開始され、2020 年に分析が行われた。2020 年 7 月時点で DIN は、戦略的企業プロジェクト「SMART Standards」の一環として、CEN パイロット・プロジェクトの 1 つである「新規作業項目」の管理を引き継いでいた。パイロット・プロジェクトは 2021 年末に終了した[27]。IDiS イニシアチブの中で、SMART Standards に関するさらなる作業が行われている[28]。Industrie 4.0 固有の側面に関しては、人工知能との関係においても、特に Plattform Industrie 4.0 作業グループ 2 で検討されている。

26 German-Chinese Standardization Cooperation Commission, Subworking group I4.0

27 プロジェクト・レポート「Standards of the future」、パイロット・プロジェクト 4「新規作業項目」を参照。

28 IDiS – Initiative Digitale Standards を参照。

5
将来の展望

新しい標準化ロードマップ Industrie 4.0 第 5 版では、第 4 版の結果に基づいて更新が行われ、さらなる発展が図られる。そうすることによって、第 5 版では異なる優先順位が設定され、行動提言のほか、産業用データスペースや Industrie 4.0 のエコロジカル側面といった新しい分野横断的トピックスに対応することになる。これまでに行われた進捗評価に基づいて、また今後の標準化ロードマップ Industrie 4.0 に関連して、次の展望を得ることができる。

→ **適用と産業関連性についてのユースケースを分析および評価する**：作業グループおよび委員会のさまざまなユースケース活動は、分散した形で継続され、さまざまな相互参照の議論を通じて全体像がさらに絞られていく。Industrie 4.0 のデータスペースという新たなトピックスに、さらに集中的に取り組むこと、特にユースケースの観点からの検討を考慮することを推奨する。

→ **Industrie 4.0 の体系的実装**：包括的な課題の一つは、さまざまな抽象化レベルにわたるビジネスモデルと適用という大局観を、非常に詳細であることが多い技術的検討と体系的に結合させることである。数多くの細目にわたる問題の明確化に続いて、次第に中心的な話題となっていくのは、数多くの既存・新規の技術的アプローチの開発と調和、システムの体系的開発と標準化である。Industrie 4.0 の体系的実装のみが、期待される生産性というメリットを企業にもたらす。

→ **相互運用性を高めるための統一標準**：相互運用性を高めるための統一標準は、デジタルツインなどのアプリケーションの基本的前提条件として残る。これは、この進捗状況報告書に記載されている評価と展望にも反映されている。すべての利害関係者間において、一貫した方法により、標準化されたシームレスな情報交換を確立するツールが必要だ。その標準化された交換のためのツールが、アセット管理シェルである。デジタルツインと同様、すべてのオブジェクトをマッピングすることで、Industrie 4.0 通信のインターフェイスとして機能する。したがって、アセット管理シェルは、特性とプロパティを詳細に記述するさまざまなサブモデルで構成されている。このように、新しいプロパティの仕様に関する標準化されたメカニズムとメソッドの、ISO、ECLASS および IEC の 3 者間における同期化が一段と推進されている。そのため、次の版では、ECLASS と CDD の間のさらなる分離を回避できるかどうかを調査することになっている。AAS のさらなるエンドツーエンド使用と標準化は、SRI 4.0 第 5 版でも引き続き取り上げることになっており、デジタルエコシステムの中心的な「統合プラグ」になる。

→ **産業用通信**：技術標準（OPC-UA、5G-ACIA など）での参照の増加により、IEC/IEEE 60802 プロファイルの重要性が増大する。セキュリティモデルに関する条項によって補足されたこのプロファイルは、セキュリティ・バイ・デザイン・アプローチを取る。IEEE 802 の別の活動に、Cut-Through Forwarding（CTF）テクノロジーを IEEE 標準に変換する試みがある。CTF テクノロジーはすでにさまざまなインプリントで使用されており、ネットワーク、特に線形トポロジーのネットワークのレイテンシー低減に一役買っている。「コンバージド・ネットワーク」という意味での技術の応用には、産業ネットワークのための標準規格策定が欠かせない。

→ **Industrie 4.0 における人と仕事**：コロナ・パンデミックにより一段と増幅されたことで、デジタル・トランスフォーメーションの影響は、仕事の世界全体で感じられるようになるだろう。Industrie 4.0 はいや応なく、従業員はどのような仕事を引き受けるべきかという問題も提起することになる。生産作業はますます要求が厳しくなり、多様化し、創造的になり、変化し続けていく。ロボットが生産ラインで作業している間、従業員は小グループに分かれてアイデアを交換し、プロセスや製品のさらなる発展を図ることになる。厳しい肉体的作業が排除された場所には、創造性と革新的な仕事の余地が生まれる。標準化ロードマップ Industrie 4.0 第 5 版では、Industrie 4.0 によるイノベーションと生産性というメリットを形成するうえで必要な標準化活動と、新しいテクノロジーの使用による持続可能性の好転を取り上げる。

→ **オープンソースによるアジャイル標準化**：Industrie 4.0 の普及を加速することを目的とした、オープンソースとオープンソース・リファレンス実装の開発の重要性にはすでに注目が集まっている。次の版では、（メソッドとしての）アジャイル標準化と（ツールとしての）オープンソースというトピックスを別々に検討し、この 2 つの用語の混同を防ぎ、それぞれの可能性に焦点を当てる。

→ **産業セキュリティ**：さらなるデジタル化に関し、特に工業生産のコンテキストでは、産業セキュリティは重要な実現要因と見なされている。今後は、データ駆動型のコンテキストから必要なユースケースを記述することが重要になる。次に、関連する利害関係者に対するデジタルエコシステムの信用性を確保するために、セキュリティ・バイ・デザイン・アプローチによるセキュリティの統合が必要となる。

→ **Industrie 4.0 における機能安全概念の具体化**：今後数か月の重要ステップは、開発された概念をさらに具体化することである。これは、これらの概念を、対応する規範的な仕様と要件を備えた標準規格へと転換させるための前提条件である。対応する研究プロジェクトの開始は、こうした展開を加速させるための適切な手段となる可能性がある。近々発表される予定の欧州 AI 規制では、特に、安全性が重要な意味を持つ産業環境で AI システムを使用するための要件をどの程度設定するかについて検討することが必要である。

→ **Industrie 4.0 の持続可能性とエコロジカル側面**：Industrie 4.0 とそれに関連付けられたテクノロジーは、生産活動から排出される CO_2 の量を削減するうえで中心的な役割を果たしている。エネルギーと資源の消費に関する標準化された情報をマッピングするデジタル製品パスポート（DPP）は、持続可能な生産のための重要なステップである。Industrie 4.0 は、リソース効率に新たな可能性をもたらすことができる。建設的でプロセスに関連したアプローチと組み合わせることで、資材サイクルを製品ライフサイクル全体に浸透させることができる。Industrie 4.0 は、循環経済や、環境保護および気候変動防止を実現する重要な要因である。DPP など最初の具体的な措置は、すでに進行中である。DPP とは、コンポーネント、材料および化学物質に関する情報だけでなく、製品の修理可能性、スペアパーツまたは適切な廃棄に関する情報をまとめたデータセットである。その目標は、製品ライフサイクルのすべての段階（設計、製造、使用、廃棄）でデータを収集し、さまざまな目的に利用できるようにすることにある。環境に関連するデータを、標準化された比較可能な形式で構造化することにより、バリューチェーン、サプライチェーンおよびデジタルエコシステムのすべてのアクターが環境保護や気候保護の分野でポテンシャルを発揮し、持続可能な循環経済に向けて協力することが可能になる。Industrie 4.0 の分野からの具体的な要求記述の 1 つは、従来のネームプレートを電子識別に切り換えることである。Industrie 4.0 の AAS など最新の情報概念を活用して、さらに多くのデバイス情報を提供することも必要となる。デジタル・ネームプレートの要件が異なるため、現在、国際レベルでは 2 つの形式がある。その 2 つの標準化案は IEC に提出され、関連する活動がすでに開始されている[29]。

結論として、標準規格や仕様の国内設定を成功させるには、さまざまな分野の緊密な調整が必要となる。この傾向は、今後ますます強まることになるだろう。相互運用性や共同産業データスペースのセマンティクスに関する側面などのトピックスが今後さらに具体化されることはすでに予見することができる。したがって、国内、欧州および国際的な構造を構築し、調整されたデータモデルの定義を策定するという新たな課題も存在する。

このような背景の下、標準化ロードマップ Industrie 4.0 第 5 版では、新しい調査結果に基づいて既存および将来の課題に取り組み、関連性のある規範的コンテキストに配置する。標準化および利害関係者を取り巻く環境の最新像を明らかにし、既存または潜在的なギャップを特定し、適切な行動提言を行う。表明された目標は、オープンでグローバルな Industrie 4.0 エコシステムの普及を国際的に確実なものとし、調整することである。

このことを念頭に置いたうえで、すべての関係者に対し、新しい標準化ロードマップ Industrie 4.0 の作成プロセスに積極的に参加ことを呼びかけ、動機付けできることを願っている。

29 行動提言 2.3-12、IEC/SC 65E「企業システムにおける装置及び統合」、IEC 63365 ED1「デジタル・ネームプレートーデジタル製品マーキング」、IEC 61406 ED1「識別リンクー明確な二方向唯一性の機械可読識別」を参照。

付録１
略　語

AA	Arbeitsausschuss（作業委員会）
AAS	Asset Administration Shell（アセット管理シェル）
AI	Artificial Intelligence（人工知能）
AK	Arbeitskreis（作業グループ）
CDD	Common data dictionary（共通データ辞書）
CEN	Comité Européen de Normalisation（欧州標準化委員会）
CLC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique（欧州電気標準化委員会）
CEN-CLC	CEN（欧州標準化委員会）および CENELEC（欧州電気標準化委員会）
COMDO	Common Data Repository for Smart Manufacturing（スマート・マニュファクチャリングのための共通データリポジトリ）
DIN	German Institute for Standardization（ドイツ規格協会）
DKE	German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies（ドイツ電気電子情報技術委員会）
DTR	Draft technical report（テクニカルレポート草稿）
ED	Edition（エディション、版）
ETSI	European Telecommunications Standards Institute（欧州電気通信標準化協会）
EU CRA	European Cyber Resilience Act（欧州サイバーレジリエンス法）
GA	Gemeinschaftsausschuss（合同作業委員会）
HE	Recommendation for action（行動提言）
IACS	Industrial Automation and Control Systems（産業オートメーションおよび制御システム）
IEC	International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議）
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers（電気電子技術者協会）
IS	International Standard（国際標準規格）
ISO	International Organization for Standardization（国際標準化機構）
IT	Information technology（情報技術）
JTC	Joint Technical Committee（合同技術委員会）

NA	Normungsausschuss（標準規格委員会）
NIST	National Institute of Standards and Technology（米国国立標準技術研究所）
OT	Operational technology（操作技術）
PAS	Publicly Available Specification（公開仕様書）
PKI	Public key infrastructure（公開鍵基盤）
PNW	New work item proposal（新規作業項目提案）
SMART Standards	Standards Machine Applicable Readable Transferrable の省略形
SM2TF	Smart manufacturing Standards Map Task Force の省略形
SC	Sub committee（分科委員会）
SRI 4.0	Standardization Roadmap Industrie 4.0（標準化ロードマップ Industrie 4.0）
TC	Technical committee（技術委員会）
TR	Technical Report（テクニカルレポート）
TS	Technical Specification（技術仕様）
TSN	Time Sensitive Network（タイムセンシティブ・ネットワーク）
WG	Working Group（作業グループ）
W3C	World Wide Web Consortium（ワールドワイドウェブコンソーシアム）
W3C	World Wide Web Consortium（ワールドワイドウェブコンソーシアム）

付録 2
リストに掲載されている標準化団体の索引

ドイツ	
DIN NA 023-00-06 AA	Industrie 4.0 における作業構造と製品設計のための人間工学
DIN NA 023-00-08 GA	外骨格デバイス
DIN NA 043-01-41 AA	モノのインターネット
DIN/DKE NA 043-01-42 GA	DIN/DKE 合同作業委員会「人工知能」
DKE/AK 914.0.11	機能安全と人工知能
DKE/K 931	自動化のシステム側面
DKE/AK 931.0.14	スマート・マニュファクチャリングと Industrie 4.0
DKE/AK 931.0.16	産業アプリケーション用アセット管理シェル
欧州	
CEN-CLC JTC 13	合同作業委員会「サイバーセキュリティおよびデータ保護」
CEN-CLC JTC 21	合同技術委員会「人工知能」
ETSI	欧州電気通信標準化協会
国際	
IEC/SMB	標準管理評議会
IEC/SMB/SG 12	標準管理評議会／デジタル・トランスフォーメーション
IEC/TMB	（ISO）技術管理評議会
IEC/TC 1	用語
IEC/SC 3D	製品のクラス、プロパティおよび識別－共通データ辞書（CDD）
IEC/TC 65	工業用プロセス計測制御

IEC/TC 65/AG 4	プロパティと CDD の調整
IEC/TC 65/SC 65A	システム一般
IEC/TC 65/SC 65C/WG 18	産業オートメーションのためのタイムセンシティブ・ネットワーキング
IEC/TC 65/SC 65E	企業システムにおける装置及び統合
IEC/TC 65/WG 10	産業プロセス測定および制御のセキュリティーネットワークおよびシステムセキュリティ
IEC/TC 65/WG 23	工業用プロセス計測制御のためのスマート・マニュファクチャリング・フレームワークと概念
IEC/TC 65/WG 24	産業アプリケーション用アセット管理シェル
IEC/SyC SM	IEC スマート・マニュファクチャリング システム委員会
ISO/TMBG/SMCC	ISO 技術管理委員会／スマート・マニュファクチャリング調整委員会（SMCC）
ISO/TC 184	自動化システムおよび統合
ISO/TC 184/SC 4	産業データ
ISO/TC 292	セキュリティおよびレジリエンス
ISO/IEC/JWG 21	合同作業グループ「スマート・マニュファクチャリング参照モデル」
ISO/IEC/JWG 21/ TF 8	タスクフォース「デジタルツインとアセット管理シェル」
ISO/IEC SM2TF	「スマート・マニュファクチャリング標準規格マップ」タスクフォース
ISO/IEC/JTC 1/AG 8	システム統合のためのメタ参照アーキテクチャおよび参照アーキテクチャ
ISO/IEC/JTC 1/WG 13	信用性
ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 5	ID 管理およびプライバシー技術
ISO/IEC JTC 1/SC 38	クラウドコンピューティング及び分散プラットフォーム
ISO/IEC/JTC 1/SC 41	インターネット・オブ・シングスと関連技術

ISO/IEC/JTC 1/SC 41/AG 20	産業セクターに関するセクター別連絡グループ（SLG 1）
ISO/IEC/JTC 1/SC 41/WG 3	IoT 基礎的標準規格－IoT およびデジタルツインの語彙を含む、IoT の基本的標準規格の策定
ISO/IEC/JTC 1/SC 41/WG 6	デジタルツイン
ISO/IEC/JTC1/SC41/WG27	デジタルツイン－戦略
ISO/IEC/JTC 1/SC 42	人工知能
ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 1	基礎的標準規格
ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 3	人工知能－信用性
ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 4	ユースケースとアプリケーション

付録 3
執筆者一覧

Prof. Dr. Lennart Brumby	Baden-Württemberg Cooperative State University
Prof. Dr. Christian Diedrich	Otto-von-Guericke University Magdeburg
Dr. Jens Gayko	Industrie 4.0 標準化協議会
Daniel Haack	DIN e. V.
Roland Heidel	Heidelcom
Dr. Günter Hörcher	フラウンホーファー製造エンジニアリング＆オートメーション研究所
Dr. Wolfgang Klasen	シーメンス AG
Dr. Britta Kirchhoff	ドイツ連邦労働安全衛生研究所
Yves Leboucher	Industrie 4.0 標準化協議会
Dr. Christoph Legat	Hekuma GmbH
Prof. Dr. Ulrich Löwen	シーメンス AG
Jan de Meer	smartspacelab.eu GmbH
Olga Meyer	フラウンホーファー製造エンジニアリング＆オートメーション研究所
Anna Petschulies	DIN e. V.
Dieter Pröll	シーメンス AG
Prof. Dr. Kai Rannenberg	Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt am Main
Gernot Rossi	シーメンス AG
Michael Rudschuck	DKE
Dr. Johannes Schmidt	ライプツィヒ大学
Katharina Sehnert	DIN e. V.
Detlef Tenhagen	HARTING Stiftung & Co. KG

DIN e. V.

Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
電話：+49 30 2601-0
電子メール：
info@din.de
Internet: www.din.de

VDE Association for Electrical, Electronic & Information Technologies
DKE German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE
Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
電話：+49 69 6308-0
電子メール：service@vde.com
Internet: www.dke.de

2022 年 4 月時点の最新版