



SMCC

スマートマニュファクチャリング白書

WHITE PAPER ON

Smart Manufacturing

英和対訳

一般財団法人 日本規格協会

WHITE PAPER



White Paper on Smart Manufacturing

Authors: ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee

Editor: Charlotta Johnsson

Version: 2021-08-25



スマートマニュファクチャリング白書

著者：ISOスマートマニュファクチャリング調整委員会

編者：Charlotta Johnsson

版：2021年08月25日

Foreword

This white paper is aimed at people who are curious about smart manufacturing, searching for generic information about the concept, and/or trying to get an understanding of what is being done in the arena of international standardization and the implications it might have to industry.

The white paper presents the enablers and the enhancers of smart manufacturing and their predicted effects.

The white paper also presents the roadmap (proposal) that the ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC) uses in their work to advance the concept of smart manufacturing. The aim is to make it easier for companies to adapt to and benefit from the concept.

Executive Summary

For the last two and a half centuries manufacturing has been an important component of our global society. Manufacturing has evolved through paradigm changes, commonly known as “industrial revolutions”. These four revolutions (the first three are considered to be steam and water power, electricity, and automation) have had a great impact on economic growth and living standards. Economic historians agree that the start of the first industrial revolution was the most important event in the history of humanity since the domestication of animals and plants.

The fourth industrial revolution, otherwise referred to as smart manufacturing, can be explained in many ways. The approach taken in this white paper is to explain it by utilizing models from innovation. New disruptive technologies are regularly becoming available, paving the way for a new wave of innovations. When the effect of these new innovations is large enough, they will revolutionize the current norm of how things are seen and done.

In this white paper we will present new disruptive technologies that are mature enough to be leveraged by industry; we will call them the “enablers” of smart manufacturing.

We will also present a set of design principles, referred to as the “enhancers” for smart manufacturing, that are currently under development and of high relevance for achieving a successful implementation of smart manufacturing. We will also present the “effects” that are foreseen with smart manufacturing.

In order to be able to work successfully and collaboratively, across companies as well as national borders, with the enablers, enhancers and effects of smart manufacturing, standardization is key. This white paper presents the purpose of international and industrial standards and explains the role of the Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC), the entity created by the ISO Technical Management Board (TMB) to coordinate these activities. The white paper presents, clearly and concisely, available definitions and standards, and states where they are missing. The white paper gives recommendations on next steps.

The overall goal of this white paper is to make it easier for companies and other stakeholders to adapt to, and benefit from, the concept of smart manufacturing.

まえがき

この白書は、スマートマニュファクチャリングに興味がある人、概念に関する一般的な情報を探している人、及び/又は国際標準化の分野で行われている事と、その事が産業界に与える影響を理解しようとする人を対象としています。

この白書では、スマートマニュファクチャリングのイネーブラーとエンハンサー、及びそれらの予測されるエフェクト(効果)について説明します。

この白書では、ISOスマートマニュファクチャリング調整委員会(SMCC)がスマートマニュファクチャリングの概念を推進するために使用するロードマップ(提案)も示しています。目的は、企業がこの概念に適応し、その恩恵を受けるのを容易にすることです。

エグゼクティブサマリー

過去2世紀半の間、製造業は私たちのグローバル社会の重要な要素でした。製造業は、一般に「産業革命」として知られるパラダイム変革を通じて進化してきました。これは4つの革命(最初の3つは蒸気と水力、電気、自動化であると考えられています)から成り、経済成長と生活水準に大きな影響を与えました。経済史家は、最初の産業革命の始まりが動植物の家畜化以来の人類の歴史の中で最も重要な出来事であったと意見が一致しています。

スマートマニュファクチャリングとも呼ばれる第4の産業革命は、さまざまな方法で説明できます。この白書で採用されているアプローチでは、イノベーションのモデルを利用して説明します。新しい破壊的技術が定期的に利用可能になり、イノベーションの新しい波への道を開いていきます。これらの新しいイノベーションの効果が十分に大きくなると、物事がどのように見られ、行われるかという現在の規範に革命をもたらします。

この白書では、産業界で活用できるまでに成熟した新しい破壊的技術を紹介し、それらをスマートマニュファクチャリングの「イネーブラー」と呼びます。

また、現在開発中であり、スマートマニュファクチャリングの実装を成功させるために関連性の高い、スマートマニュファクチャリングの「エンハンサー」と呼ばれる一連の設計原則も紹介します。また、スマートマニュファクチャリングで予見される「エフェクト」についても紹介します。

スマートマニュファクチャリングのイネーブラー、エンハンサー、及びエフェクトを使用して、企業間及び国境を越えて、正常かつ協調的に業務ができるようにするためには、標準化が重要です。この白書では、国際標準及び業界標準の目的を示し、これらの活動を調整するためにISO技術管理評議会(TMB)によって設立された組織であるスマートマニュファクチャリング調整委員会(SMCC)の役割について説明します。この白書では、利用可能な定義と規格を明確かつ簡潔に示し、そしてそれらが欠けている箇所を示します。この白書には、次のステップに関する推奨事項が記載されます。

この白書の全体的な目標は、企業やその他の利害関係者がスマートマニュファクチャリングの概念に適応し、その概念から恩恵を得るのを容易にすることです。







Contents

Introduction.....	4
What is an industrial revolution?.....	4
What are the technologies enabling this revolution?.....	5
What future effects will this revolution lead to?.....	7
What principles are needed to enhance the development?	8
Enablers, enhancers and effects.....	9
Benefits of standards.....	10
Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC)	11
Roadmap – what needs to be done.....	12
The SMCC matrix.....	16
Additional information.....	17
Conclusions/next steps.....	19
Annex A – Enablers, their definitions and relevance for smart manufacturing.....	20
Annex B – Enhancers their definitions and relevance to smart manufacturing.....	25
Annex C – Effects and their definitions.....	28
Annex D – Standards development organizations.....	30
Annex E – About the authors (listed in alphabetical order).....	31
References.....	32



目次

序文	4
産業革命とは何ですか	4
この革命を可能にする技術は何ですか	5
この革命はどのような将来の効果をもたらすのでしょうか	7
開発を強化するためにどのような原則が必要ですか	8
イネーブラー, エンハンサー, エフェクト	9
規格の恩恵	10
スマートマニュファクチャリング調整委員会 (SMCC)	11
ロードマップ – 何をする必要がありますか	12
SMCCマトリックス	16
追加情報	17
結論／次のステップ	19
附属書 A – イネーブラー, その定義及び スマートマニュファクチャリングとの関連性	20
附属書 B – エンハンサーの定義及び スマートマニュファクチャリングとの関連性	25
附属書 C – エフェクトとその定義	28
附属書 D – 規格開発組織	30
附属書 E – 著者について (アルファベット順に記載)	31
参考文献	32

Introduction

“The speed of change has never before been this fast... yet it will never be this slow again.”

Source: Unknown

This statement implies that there will be major shifts in our society, including in industry and production. Some refer to this as a fourth industrial revolution. Just as we find many names for those we love, there are many commonly used terms addressing this shift, including Industrie 4.0, Smart Manufacturing, Industrie du Future, Factory of the Future, Society 5.0. In this white paper, the term used is smart manufacturing.

It is assumed that the change that comes with smart manufacturing will be to our advantage. However, collaboration and coordination will be needed for the change to be as fast and successful as possible.

What is an industrial revolution ?

History repeats itself. New disruptive technologies regularly appear and pave the way for a new wave of innovations. When the effect of these new innovations is large enough, they revolutionize how things are seen and done. This repetitive process can be visualized as a circle with some cyclical steps, or by an S-curve [Open Learn (2019), Analytics Explained (2013)], see Figure 1. Some claim that we are currently undergoing a new industrial revolution.

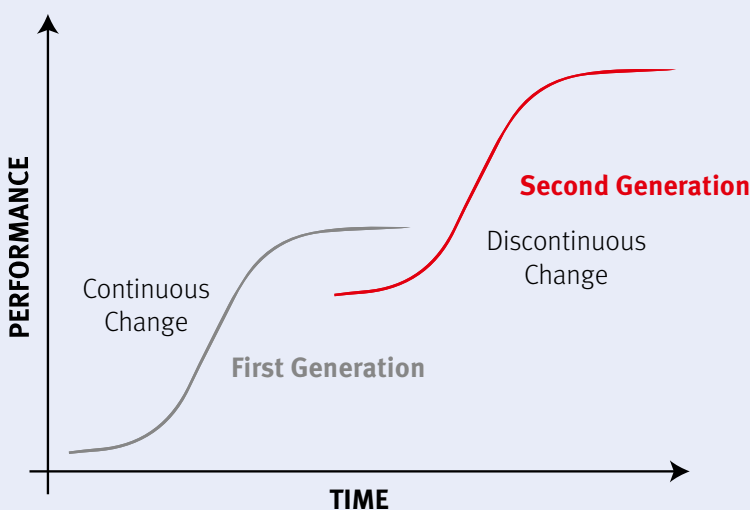
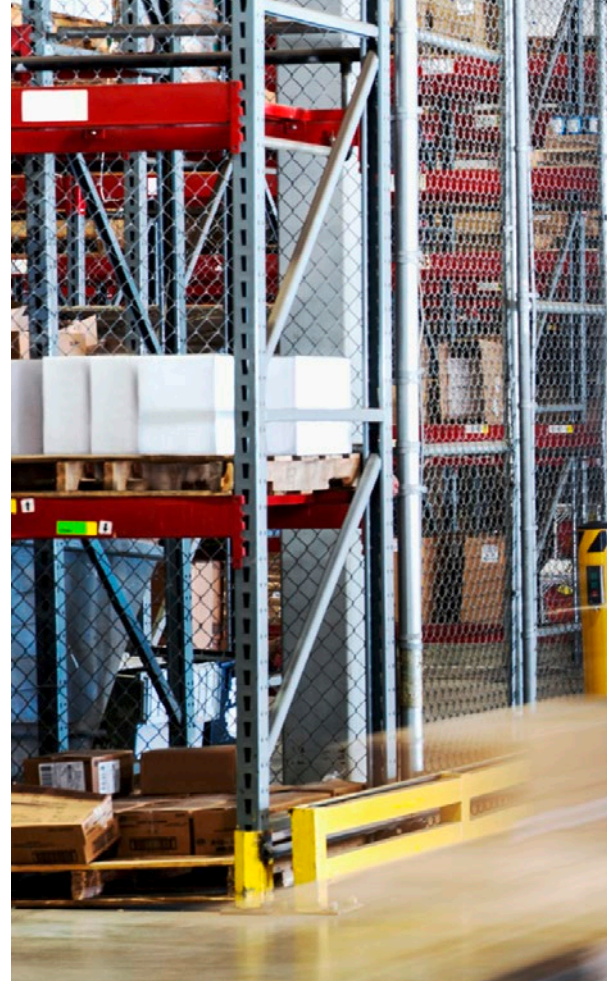


Figure 1: S-curves showing continuous versus discontinuous/disruptive changes



序文

「変化の速度はかつてないほど速くなりました...
それでも、今後これほど遅くなることはありません。」
出典：不明

この声明は、産業や生産を含む私たちの社会に大きな変化があることを意味します。これを第4の産業革命と呼ぶ人もいます。私たちが愛する人の名前がたくさんあるように、インダストリー4.0、スマートマニュファクチャリング、インダストリーデュフューチャー、ファクトリーオブザフューチャー、ソサイアティ5.0 など、この変化に対応する一般的に使用される用語がたくさんあります。この白書で使用する用語はスマートマニュファクチャリングです。

スマートマニュファクチャリングに伴う変化が私たちの利益になると想定されています。ただし、変更を可能な限り迅速かつ成功させるには、協働と調整が必要になります。



産業革命とは何ですか

歴史は繰り返す。新しい破壊的技術が定期的に登場し、イノベーションの新しい波への道を開きます。これらの新しいイノベーションの効果が十分に大きい場合、それらは物事の見方や実行方法に革命をもたらします。この反復プロセスは、いくつかの周期的なステップを伴う円として、又はSカーブ [Open Learn (2019), Analytics Explained (2013)] によって視覚化できます。図1を参照してください。現在、新しい産業革命が起きているとの主張もあります。

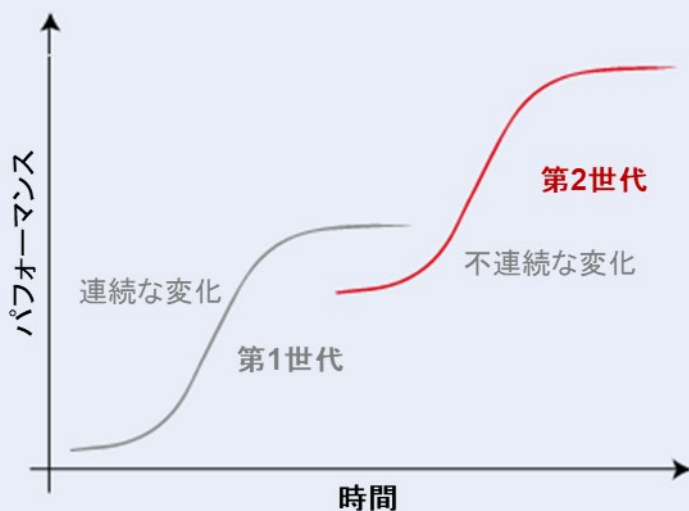
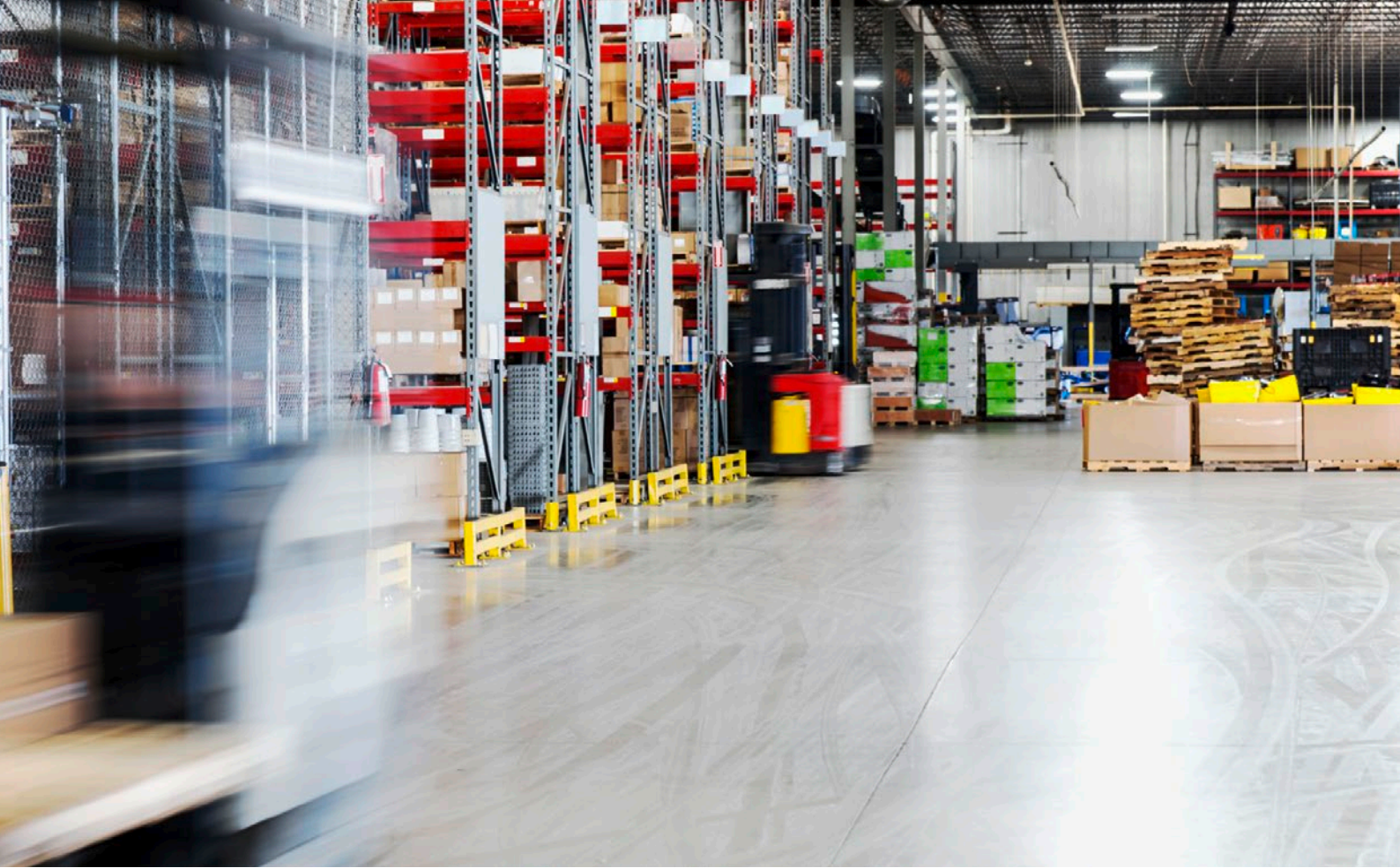


図1: 連続 vs 不連続/破壊的変化を示すSカーブ



The first industrial revolution took place thanks to the development of steam-powered mechanical machines.

The second industrial revolution took place when the concept of electricity was stable enough to be leveraged by industry.

The third industrial revolution happened thanks to major improvements in electronics and automation.

The fourth industrial revolution is taking place as we speak and has digitalization as a critical success factor.

Each industrial revolution has brought with it fast economic growth and significant changes in living standards. It is therefore imperative for countries and societies to be part of this rapid development.

What are the technologies enabling this revolution ?

The technologies behind the current revolution are largely connected to computer power and computational capabilities, in which a drastic improvement has occurred over the past decades (Moore's law). These improvements are characterized as follows:

- *Cheap (hence abundant) data storage:* The price for storing and hosting large amounts of data no longer constitutes a hindrance; it has reached a satisfactory level of maturity. This means that collecting, storing, retrieving and managing big amounts of data is possible in a way that it was not previously and data is becoming a valuable asset for many companies. Today, storage can be outsourced and stored remotely via the Cloud concept.
- *Fast (hence responsive) computers and calculation power:* Computing capacity is increasing, and calculation power is exploding. This means



最初の産業革命は、蒸気動力の機械的装置の開発のおかげで起こりました。

第2の産業革命は、電気の概念が産業によって活用されるのに十分安定したときに起こりました。

第3の産業革命は、電子機器と自動化の大幅な改善のおかげで起こりました。

第4の産業革命は、私たちが話しているように今起こっていて、重要な成功要因としてデジタル化があります。

それぞれの産業革命は、急速な経済成長と生活水準の大幅な変化をもたらしました。したがって、国や社会にとって、この急速な発展に加わることは不可欠です。

この革命を可能にする技術は何ですか

現在の革命の背後にある技術は、主にコンピューター能力と計算機能に関連しており、過去数十年にわたって劇的な向上が見られました（ムーアの法則）。この向上の特徴は次のとおりです：

- **安価な（したがって豊富な）データストレージ:** 大量のデータを保存及びホストするための価格は、もはや障害にはなりません。満足のいく成熟度に達しています。これは、以前は管理していなかった方法で大量のデータの収集、保存、取得、及び管理が可能であり、データが多くの企業にとって貴重な資産になりつつあることを意味します。今日では、ストレージはクラウドの概念を介してリモートでアウトソーシング及び保存できます。
- **高速な（したがって応答性の高い）コンピューターと計算能力:** 計算機能が向上し、計算能力が爆発的に増大しています。これは、計算と分析に必要な時間が短縮され、結果を取得して応答性の高い方法で利用できることを意味します。ビッグデータ分析、人工知能と機械学習、ブロックチェーンとビジネスインテリジェンスが注目を集めています。

that the time required for calculations and analysis is diminishing and results can be retrieved and used in a responsive manner. Big data analytics, artificial intelligence and machine learning, blockchain and business intelligence are gaining attention.

- *Ubiquitous connectivity (hence place-independent)*: Wireless technologies have matured and now allow for wireless communication in industrial contexts, while the related information security has also reached an acceptable level.

Cheap, fast and reliable data are the basis for today's accelerated digital transformation.

Enablers that have come about from this rapid development include:

- additive or 3D technologies,
- sensor and measurement technologies,
- internet of things,
- virtual and augmented reality,
- industrial and collaborative robotics,
- simulation,
- Artificial Intelligence,
- wireless connectivity,
- cloud computing,
- industrial (cyber) security,
- blockchain,
- big data analytics.

These enablers are further described in **Annex A**.

Figure 2 shows the longitudinal development of the enablers. The development started long ago and now the enablers are mature enough to be leveraged by industry.

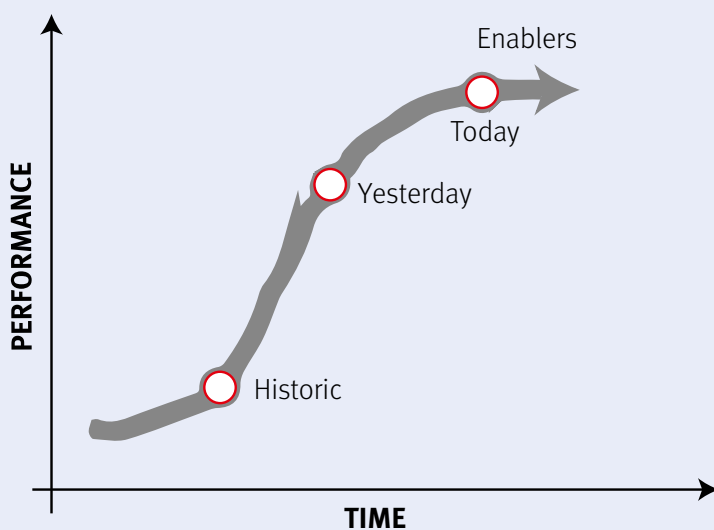
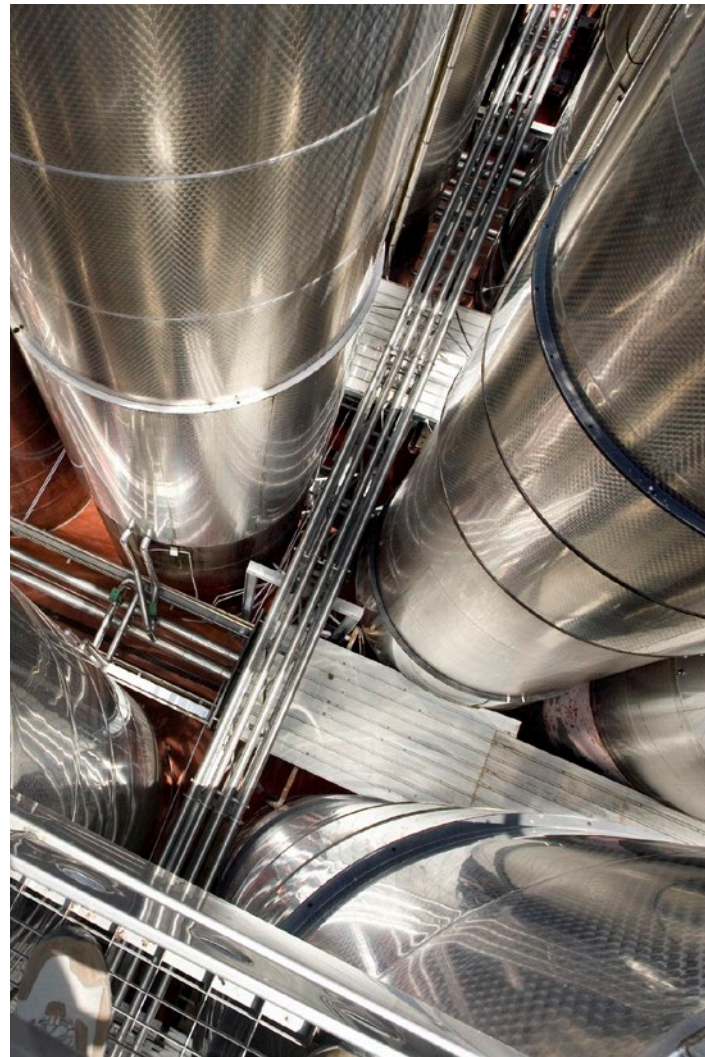


Figure 2: Longitudinal development of the enablers

- ユビキタス接続(したがって場所に依存しない):ワイヤレステクノロジーは成熟し、産業コンテキストでのワイヤレス通信が可能になり、関連する情報セキュリティも受入れられるレベルに達しました。

安価で高速で信頼性の高いデータは、今日の加速するデジタルトランスフォーメーションの基盤です。

この急速な発展から生まれたイネーブラーは以下のとおりです:

- 積層又は3Dテクノロジー,
- センサー及び測定技術,
- モノのインターネット,
- 仮想現実と拡張現実,
- 産業用及び協働型ロボット工学,
- シミュレーション,
- 人工知能,
- ワイヤレス接続,
- クラウドコンピューティング,
- 産業(サイバー)セキュリティ,
- ブロックチェーン,
- ビッグデータ分析。

これらのイネーブラーについては、**附属書A**で詳しく説明します。

図2は、イネーブラーの縦方向展開を示しています。開発はずっと前に始まり、今ではイネーブラーは産業界で活用できるほどに成熟しています。

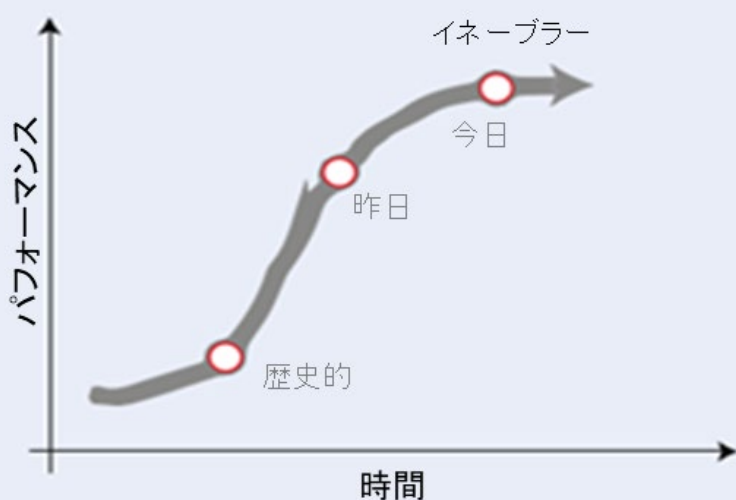
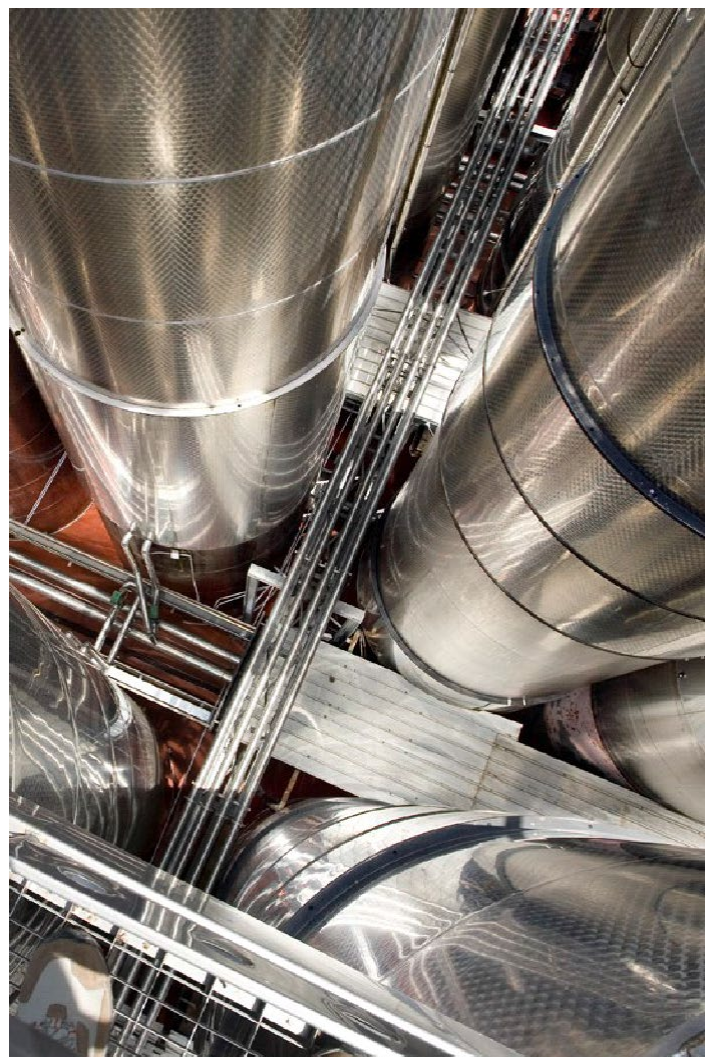


図2: イネーブラーの縦方向の発展

What future effects will this revolution lead to?

It is most likely that the maturing of technologies will pave the way for new disruptive scenarios to form, gain acceptance and rule out current scenarios. However, no one knows for sure. Some examples of new disruptive effects that are talked about are described below.

- Circular manufacturing: the possibility to make products and production more sustainable and take advantage of retired products and their collected lifecycle information, filter out the essence, and use feedback for improving the manufacturing processes as well as the product itself.
- Model-based product and production: the ability to utilize models at every point in the product lifecycle for the optimum use of the product.
- Fully automated factories: extensive use of new technologies enable new configurations of production automated to a very high degree.

- Product personalization: the possibility to make products, that today are mass-customized, personalized, e.g. pharmaceuticals, clothing, and electronic devices.
- Predictive maintenance: the possibility to act prior to an unfavourable event, like failure, and use in-process monitoring to enable the identification of the optimum time to replace parts, and hence maximize the service life.
- Edge computing: the possibility to have all automation, including real-time control, in the edge of the cloud.
- Servitization: the possibility to augment traditional physical products with related services. Hence, the product becomes a by-product to the service.
- Data-driven business models: business models that are developed and customized based on data from the business. The more data, the better the business model.

Figure 3 shows the longitudinal development of the effects. The effects are just starting to be noticed in industry, and it is hard to predict what the long-term effects will be.

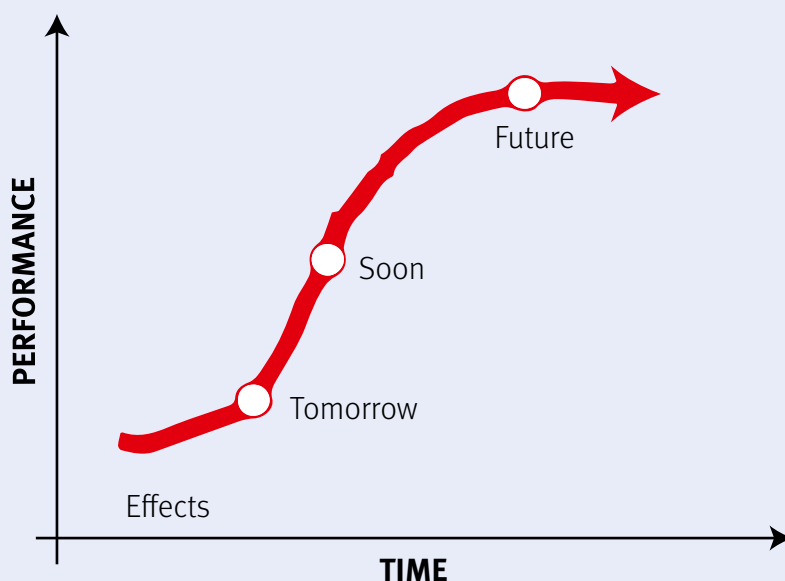


Figure 3: Foreseen longitudinal development of the effects



この革命はどのような将来の効果をもたらすのでしょうか

技術の成熟により、新しい破壊的シナリオが形成され、受け入れられ、現在のシナリオが排除される可能性が最も高くなります。しかし、誰も確かには知りません。話題になっている新しい破壊的效果のいくつかの例を以下に説明します。

- サークュラーマニュファクチャリング: 製品と生産をより持続可能にし、廃棄された製品とその収集されたライフサイクル情報を活用し、根本的要素を除外して、フィードバックを使用して製造プロセスと製品自体を改善する可能性があります。
- モデルベースの製品と生産: 製品の最適な使用のために、製品ライフサイクルのすべてのポイントでモデルを利用する機能です。
- 完全に自動化された工場: 新しい技術を幅広く使用することで、生産の新しい構成を非常に高度に自動化できます。

- 製品のパーソナライズ: 今日、マスカスタマイゼーションされている製品(例、医薬品、衣料品、及び電子機器)が、パーソナライズされる可能性があります。
- 予知保全: 障害などの好ましくない出来事の前に行動し、インプロセスモニタリングを使用して最適な部品交換時期を特定し、したがって耐用年数を最大化できるようにする可能性があります。
- エッジコンピューティング: クラウドのエッジで、リアルタイム制御を含むすべての自動化を実現できる可能性があります。
- サービス化: 従来の物理的な製品を関連サービスで補強する可能性があります。したがって、製品はサービスの副産物になります。
- データ駆動型ビジネスモデル: ビジネスからのデータに基づいて開発及びカスタマイズされたビジネスモデルです。データが多ければ多いほど、ビジネスモデルは良くなります。

図3は、エフェクトの縦方向展開を示しています。その効果は産業界で注目され始めたばかりであり、長期的な効果がどうなるかを予測することは困難です。

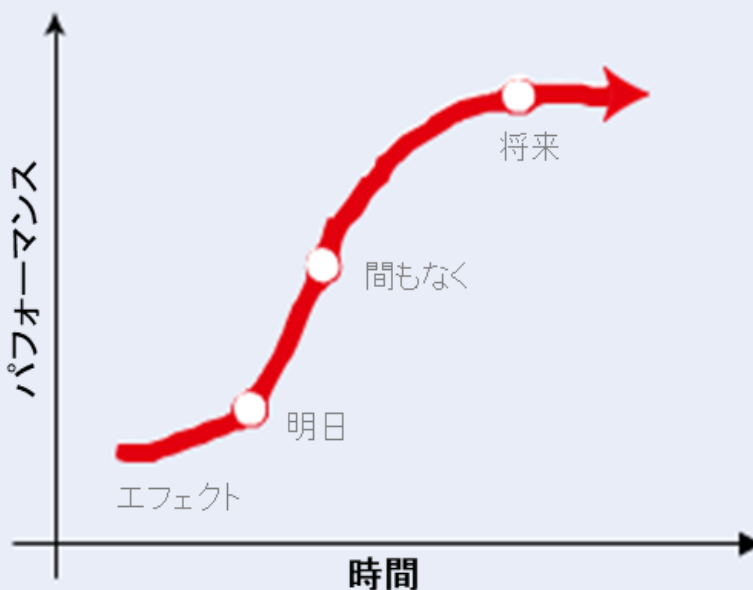


図3: 予見されるエフェクトの縦方向の発展



What principles are needed to enhance the development?

If the enablers are leveraged in a clever way, the effects will be realized. Currently, a lot of work is ongoing, at a national and international level, as well as on a company and organizational level. The aim is to find out the additional principles that are urgently needed in order to make the shift from traditional to smart industry; see **Figure 4**.

In order to realize the shift from traditional to smart industry, a majority of experts agree that collaboration is key: the era of proprietary solutions is over and replaced by the new era of shared economy. It is important to agree on underlying principles, also referred to as enhancers. Examples of enhancers that we need to agree on are as follows.

- Terminology and reference models: crucial for increasing understanding among the parties involved.
- Concepts related to decentralization, modularization and virtualization.
- Integration and interoperability vertically and horizontally, unlocking the seamless flow of data.
- Digital twin and digital thread: to be able to model the real physical world in a digital format in order to understand, analyse, optimize and predict the physical world.
- Product transparency, i.e. complete data, including sustainability data, from the lifecycle of the product.

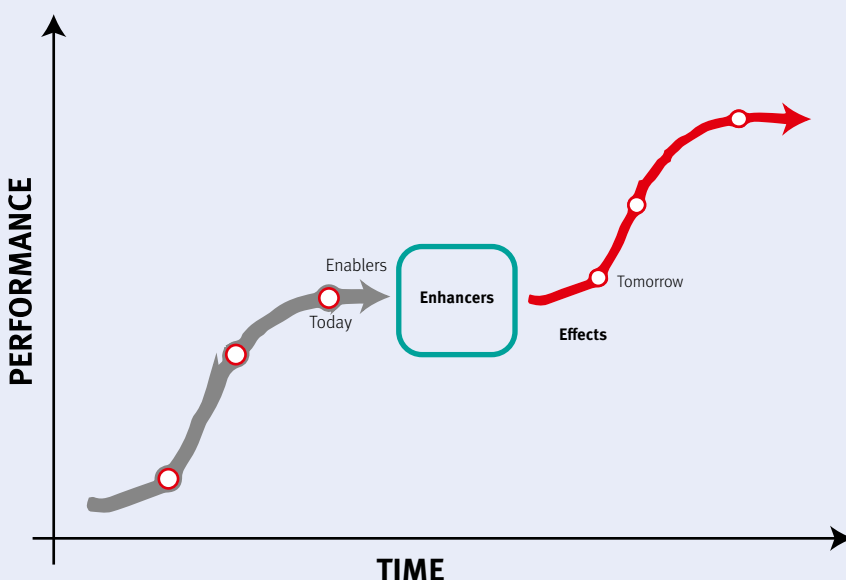


Figure 4: Graphical visualization connecting the enablers with the effects, stressing the transformation from today (grey) to tomorrow (red)

開発を強化するために どのような原則が 必要ですか

イネーブラーを巧妙に活用すれば、そのエフェクトが実現します。現在、国内及び国際レベルだけでなく、企業及び組織レベルでも多くの業務が進行中です。目的は、従来の産業からスマート産業に移行するために緊急に必要とされる追加の原則を見つけることです。図4を参照してください。

従来の産業からスマート産業への移行を実現するために、専門家の大多数は、協働が重要であると意見が一致しています。独自のソリューションの時代は終わり、共有経済の新しい時代にとって代わられています。エンハンサーとも呼ばれる基本的な原則に同意することが重要です。同意が必要なエンハンサーの例は以下のとおりです。

- 用語と参照モデル：関係者間の理解を深めるために重要です。
- 分散化、モジュール化、及び仮想化に関連する概念。
- データのシームレスなフローを解き放つ、垂直方向と水平方向の統合と相互運用性。
- デジタルツインとデジタルスレッド：物理的世界を理解、分析、最適化、予測するために、実際の物理的世界をデジタル形式でモデル化できるようにします。
- 製品の透明性、つまり製品のライフサイクルからの持続可能性データを含む完全なデータ。

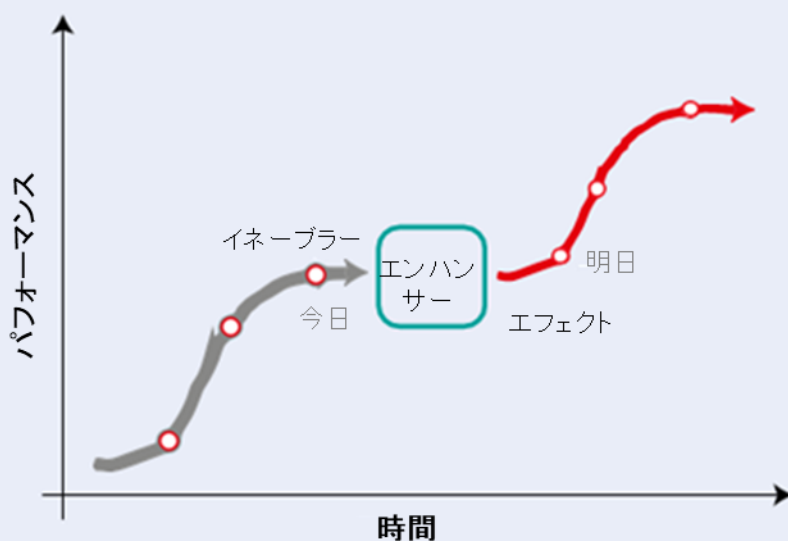


図4: 今日（灰色）から明日（赤色）への変換を強調したイネーブラーとエフェクトをつなぐ図表示

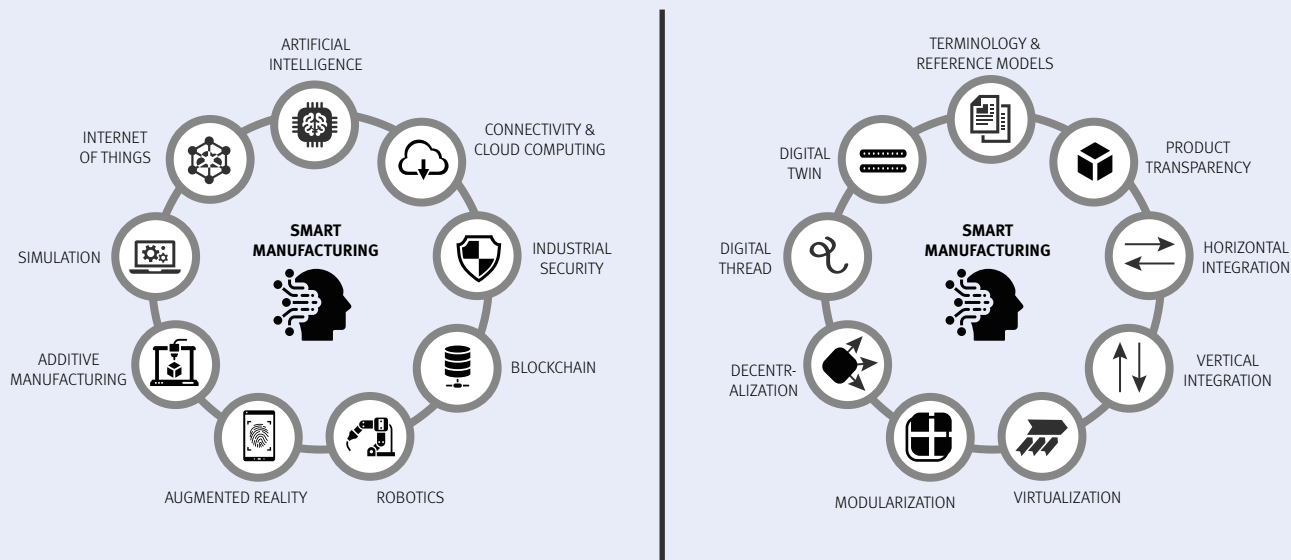


Figure 5: Enablers (left) and enhancers (right)

Enablers, enhancers and effects

Enablers have come about from recent rapid developments; cheap, fast, and ubiquitous. They are now mature enough for industry to leverage. The enablers are shown in **Figure 5** (left).

Enhancers are vital in order to enhance the development from traditional manufacturing to smart manufacturing. The enhancers are shown in **Figure 5** (right).

The intended effects are shown in **Figure 6**.

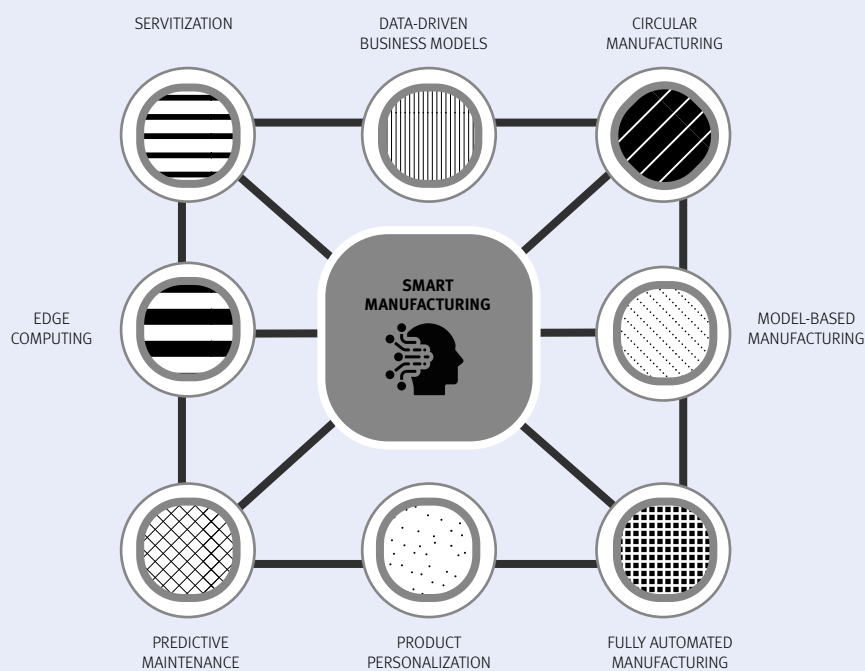


Figure 6: Effects

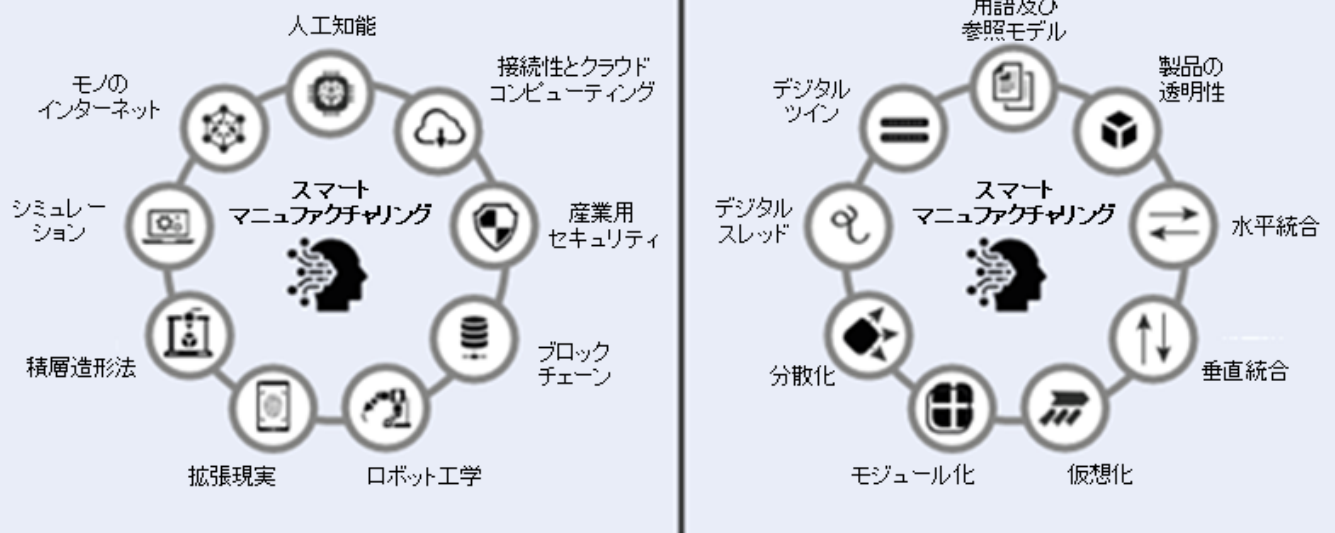


図5: イネーブラー(左)とエンハンサー(右)

イネーブラー, エンハンサー, エフェクト

イネーブラーは、最近の急速な発展から生まれました。安くて、速くて、どこにでもあります。それらは現在、産業界が活用できるほどに十分に成熟しています。イネーブラーを図5(左)に示します。

エンハンサーは、従来の製造からスマートマニュファクチャリングへの開発を強化するために不可欠です。エンハンサーを図5(右)に示します。

意図したエフェクトを図6に示します。

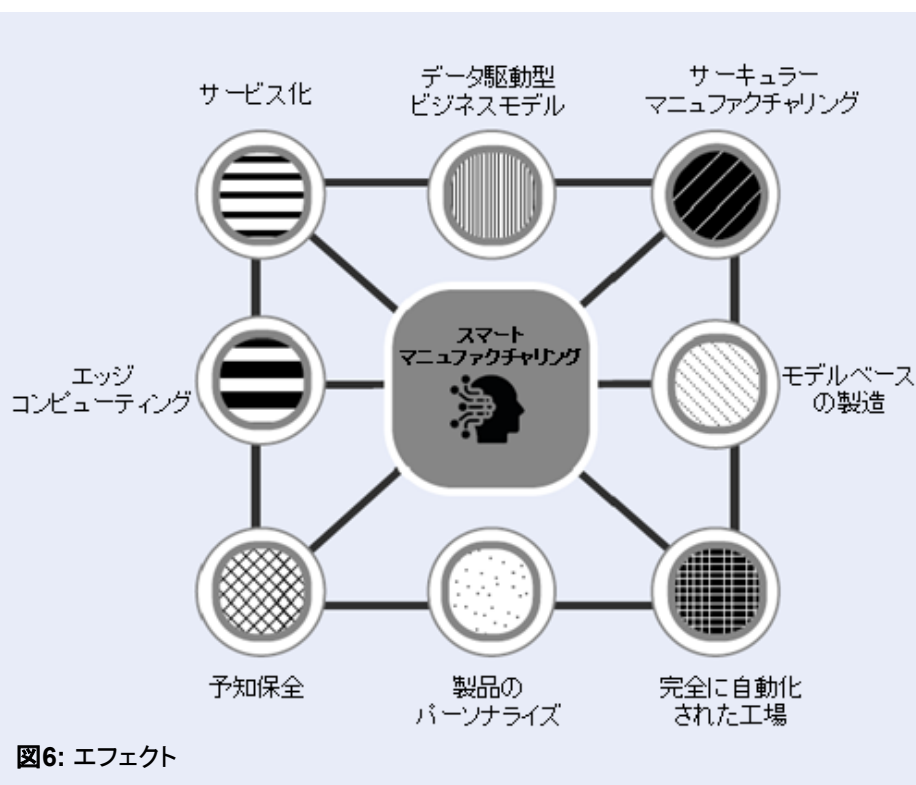


図6: エフェクト

Benefits of standards

A suitable vehicle for this urgent collaborative work is international standards. Standards allow the development of enablers and help the enhancers to be more easily adopted within industry.

Some standards already exist for the enablers; however, a high-level description, from the perspective of smart manufacturing, can help clarify how an enabler is beneficial for the realization of smart industry.

Actions required:

- *Clarify the maturity and the potency of the enablers.*
- *Clarify the requirement that smart industry puts on the enablers.*

Standards for the effects are hard to finalize at this point since these concepts are still in their infancy. Instead the development of such standards will gradually take place in an iterative manner. Nevertheless, it is important to have a (preliminary) definition of the effect-concepts in order for all experts in smart industry to have a shared understanding of the concept and its implications.

Actions required:

- *Create clear definitions for the effects, ensuring that all stakeholders have a shared common understanding of these concepts.*

Standards treating the enhancers (design principle concepts), i.e. concepts specific to smart industry, are vital and the development is urgent. Many companies and organizations will rely on their content in their smart industry transformation journey.

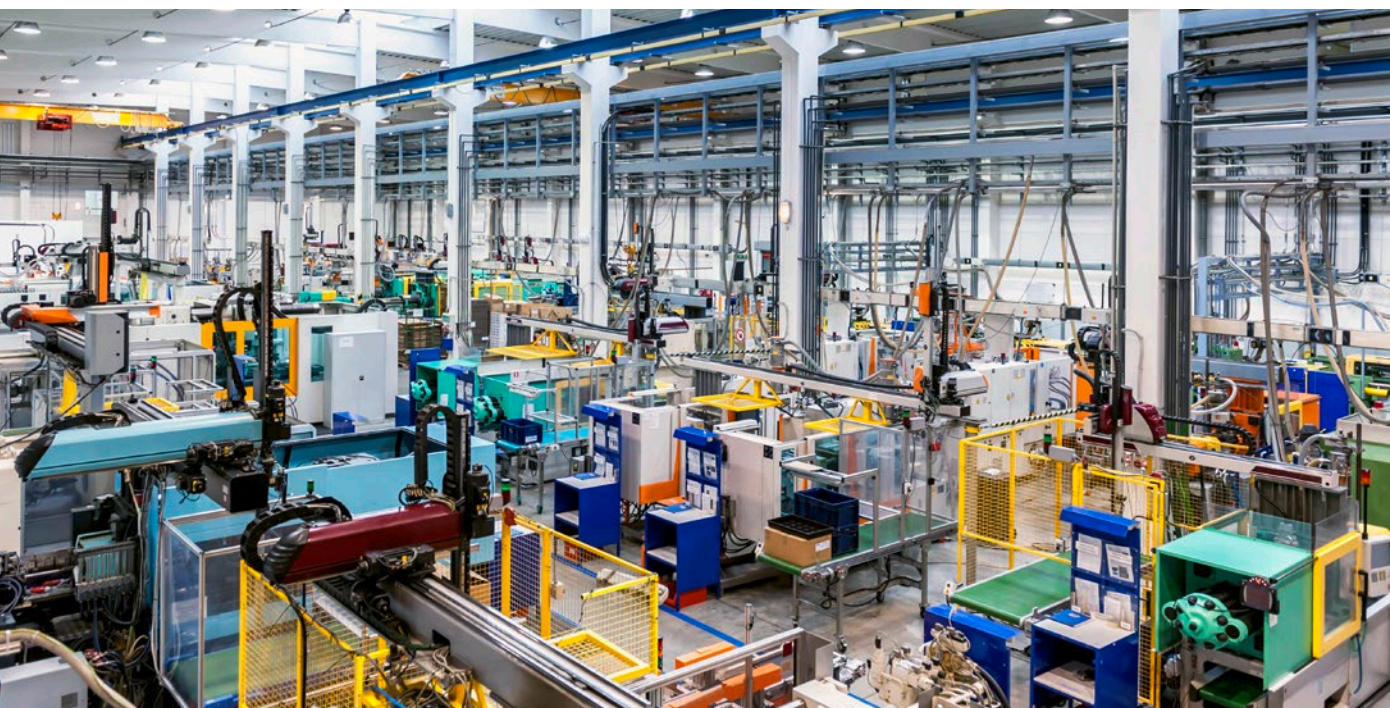
Actions required:

- *Create standards for the enhancers.*

There are many organizations, clusters, groups, branch-organizations, etc., that are developing standards. Depending also on the significance of the organizations, the standards they are developing are more or less accepted in industry. Three well-known standardization organizations are:

- IEC (International Electrotechnical Commission), which develops standards related to the electrotechnical domain;
- ISO (International Organization for Standardization), an independent international organization representing more than 160 countries, which has a very broad focus, including industrial automation;
- ITU (International Telecommunication Union), the United Nations specialized agency for information and communication technologies.

Further information about standards development organizations can be found in **Annex D**.



規格の恩恵

この緊急の協働業務に適した手段は、国際規格です。規格は、イネーブラーの開発を可能にし、エンハンサーが産業界内でより簡単に採用されるのを助けます。

イネーブラーのためにはすでにいくつかの規格があります。ただし、スマートマニファクチャリングの観点からの高レベルの説明は、イネーブラーがスマート産業の実現にどのように有益であるかを明確にするのに役立ちます。

必要なアクション:

- ▶ イネーブラーの成熟度と効力の明確化
- ▶ スマート産業がイネーブラーに課す要件の明確化

これらの概念はまだ初期段階にあるため、この時点で効果のための規格を確定するのは困難です。代わりに、そのような規格の開発は徐々に反復的に行われます。それでも、スマート産業のすべての専門家が概念とその意味を共有して理解できるようにするには、エフェクトの概念を(予備的に)定義することが重要です。

必要なアクション:

- ▶ エフェクトの明確な定義を作成し、すべての利害関係者が概念について共通の理解を共有できるように、エフェクトの明確な定義の作成。

エンハンサーを扱う規格(設計原理の概念)、すなわちスマート産業に固有の概念は不可欠であり、開発は緊急の課題です。多くの企業や組織では、スマート産業界の変革の過程はコンテンツに依存します。

必要なアクション:

- ▶ エンハンサーのための規格の策定

規格を開発している多くの組織、クラスター、グループ、支部組織などがあります。組織の重要性にもよりますが、組織が開発している規格は、産業界で多かれ少なかれ受け入れられています。3つの有名な標準化団体は以下のとおりです:

- IEC(国際電気標準会議)、電気技術分野に関連する規格を開発します。
- ISO(国際標準化機構)、160か国以上の参加を得ている独立した国際組織であり、産業の自動化を含む非常に幅広いテーマを扱っています。
- ITU(国際電気通信連合)、情報通信技術の国連専門機関です。

規格開発組織の詳細については、**附属書D**を参照してください。



Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC)

ISO, which develops standards in a broad scope of domains, including industrial applications, is well positioned to coordinate the development of standards for smart manufacturing. The Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC) is made up of the chairs of more than 20 identified Technical Committees (TCs) and subcommittees (SCs). Their mandate is threefold: to coordinate across ISO committees, to coordinate with other organizations, and to advise the ISO Technical Management Board (TMB).

The first main achievement of the SMCC was to create a definition of smart manufacturing, endorsed by both ISO and IEC (ISO/TMB Resolution 31/2019):

Manufacturing that improves its performance aspects with integrated and intelligent use of processes and resources in cyber, physical and human spheres to create and deliver products and services, which also collaborates with other domains within enterprises' value chains.”

Note 1: Performance aspects include agility, efficiency, safety, security, sustainability or any other performance indicators identified by the enterprise.

Note 2: In addition to manufacturing, other enterprise domains can include engineering, logistics, marketing, procurement, sales or any other domains identified by the enterprise.

Work done prior to the establishment of the SMCC had resulted in an initial list of seven standardization gaps (Strategic Advisory Group on Industry 4.0/smart manufacturing – Final report to TMB, Annex C, 2019), which will continue to be addressed by the SMCC as a roadmap develops.



スマートマニュファクチャリング調整委員会(SMCC)

ISOは、産業用アプリケーションを含む幅広い分野で規格を開発しており、スマートマニュファクチャリングの規格の開発を調整するのに適しています。スマートマニュファクチャリング調整委員会(SMCC)は、20を超える特定された専門委員会(TC)及び分科委員会(SC)の議長で構成されています。彼らの任務は3つあります。ISO委員会間で調整すること、他の組織と調整すること、そしてISO技術管理委員会(TMB)に助言することです。

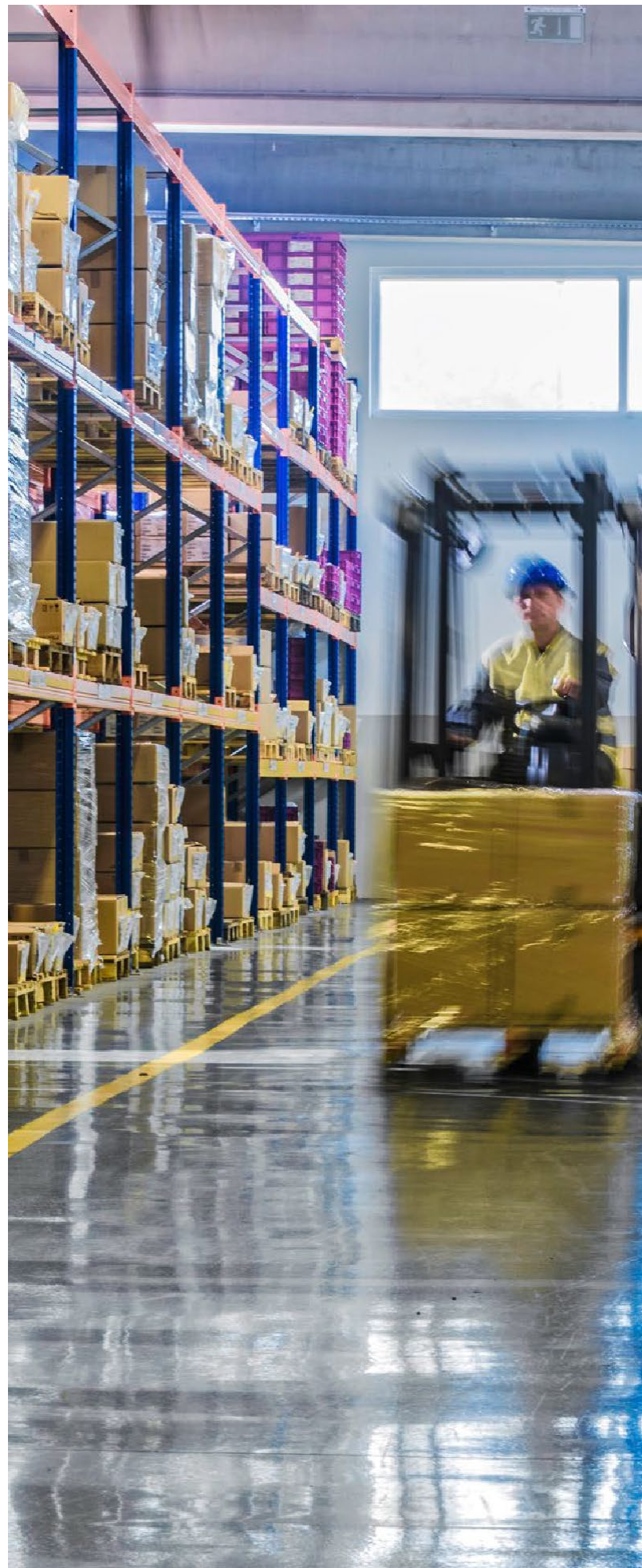
SMCCの最初の主な成果は、ISOとIECの両方によって承認されたスマートマニュファクチャリングの定義を策定したことでした(ISO/TMB決議31/2019)：

「企業のバリューチェーン内の他の分野とも協働し、製品及びサービスを作り出し、提供するために、サイバー、物的及び人間の領域におけるプロセス及びリソースの統合的及び合理的(インテリジェント)な使用によりその性能(パフォーマンス)側面を改善する製造行為」

注記1：パフォーマンス側面には、敏捷性、効率、安全性、セキュリティ、持続可能性、又は企業によって特定されたその他のパフォーマンス指標が含まれます。

注記2：製造に加えて、他の事業分野には、エンジニアリング、ロジスティクス、マーケティング、調達、販売、又は事業によって識別されるその他の分野が含まれる場合があります。

SMCCの設置前に行われた業務により、7つの標準化ギャップの最初のリストが作成されました(インダストリー4.0/スマートマニュファクチャリングに関する戦略的諮問グループ-TMBへの最終報告書、附属書C、2019)。これは、ロードマップが策定されるにつれて、SMCCによって引き続き対処されます。





Roadmap – what needs to be done

The proposal is to create a roadmap divided in three parts: enablers, enhancers and effects. The three parts need different actions and are therefore dealt with in different ways.

Enablers

The enabling technologies are sufficiently mature and have been addressed by ISO for a reasonable amount of time. It can therefore be assumed that clear definitions exist for most of the enablers, as well as for their roles and importance in smart manufacturing.

As a roadmap, the SMCC proposes:

- To make a list of the main enabling technologies for smart manufacturing, see **Figure 5** (left).
- To identify the TCs addressing these technologies as their main focus (see **Table 1**).
- If there are multiple TCs addressing the same enabler, the SMCC should recommend the appointment of one as the main TC for this enabler.
- If there is no TC addressing the enabler, the SMCC should inform the TMB.
- Ask the identified TCs to provide a short definition and a high-level description of the enabling technology and its importance for smart manufacturing (see **Annex A**).
- There might be several TCs that have included a definition of the enabling technology in their work. If so, the SMCC recommends that they also include the definition given by the main TC and explain how their definition relates to the main definition.
- Objective: Clear definitions and descriptions of the enablers and their role in smart manufacturing will help the industry to understand what technologies they can work with and why.



ロードマップ – 何をする必要がありますか

提案は、イネーブラー、エンハンサー、エフェクトの3つの部分に分割されたロードマップを策定することです。3つの部分は異なるアクションを必要とするため、異なる方法で対処されます。

イネーブラー

イネーブル技術は十分に成熟しており、ISOによって十分な期間にわたって扱われてきました。したがって、ほとんどのイネーブラー、及びそのスマートマニュファクチャリングにおける役割と重要性について、明確な定義が存在すると想定できます。

ロードマップとして、SMCCは以下を提案します：

- スマートマニュファクチャリングを可能にする主な技術のリストを作成します。**図5(左)**参照
- これらの技術を主たる焦点として扱うTCを特定します(**表1**参照)。
- 同じイネーブラーを扱う複数のTCがある場合、SMCCは、このイネーブラーのメインTCとして1つを指定推奨することが望まれます。
- あるイネーブラーに対応するTCがない場合、SMCCはTMBに通知することが望まれます。
- 特定されたTCに、イネーブル技術とそのスマートマニュファクチャリングにおける重要性の簡単な定義及び高レベルの説明を提供するように求めます(**附属書A**参照)。
- 業務にイネーブル技術の定義を含めたTCがいくつかある可能性があります。その場合、SMCCは、メインTCによって与えられた定義も含めて、それらの定義がメインの定義とどのように関連しているかを説明することを推奨します。
- 目的：イネーブラーの明確な定義と説明、及びスマートマニュファクチャリングにおけるそれらの役割は、産業界がどの技術を使用できるか、及びその理由を理解するのに役立ちます。

Table 1: List of enablers (≈enabling technologies) of smart manufacturing

Enablers	Main provider of definition	Definition/ description
Connectivity & cloud computing	3GPP ISO/IEC JTC 1/SC 38	A.1 and A.2
Industrial security (SMCC gap #5)	ISO/TC 292 Additional groups: ISO/IEC JTC 1/SC 27 IEC/TC 65/WG10	A.3
Blockchain	ISO/TC 307	A.4
Robotics	ISO/TC 299	A.5
Augmented Reality and visualization	ISO/IEC JTC 1/SC 24	A.6
Additive manufacturing	ISO/TC 261 IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21 Additional group: ISO/IEC JTC 1/WG 12	A.7
Simulation	ISO/TC 22 ISO/TC 184/SC 5/SG 7	A.8
Internet of Things	ISO/IEC JTC 1/SC 29 ISO/IEC JTC 1/SC 41	A.9
Artificial Intelligence (AI)	ISO/IEC JTC 1/SC 42 Additional group: IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21	A.10

Six of the nine enablers have a main TC, and hence a clear definition. Three of the nine enablers are covered by multiple TCs. None of the nine enablers is lacking a main TC.

Enhancers

Enhancers use potential provided by one or more enablers to generate new opportunities and business solutions. Enhancers are vital in order to enhance (facilitate and speed up) the development from traditional manufacturing to smart manufacturing.

As a roadmap, the SMCC proposes:

- To make a list of the enhancers that are vital to the realization of smart manufacturing [see **Figure 5** (right)].
- To identify which of the enhancers has a corresponding TC addressing the design principle as its main focus (see **Table 2**).
- The identified TC will be asked to provide a definition and a high-level description (see **Annex B**).
- For the enhancers that do not have a corresponding TC, the SMCC should make a recommendation regarding how it should be addressed (e.g. suggest which TC can be responsible).
- Objective: Clear definitions and descriptions of the enablers and their role in smart manufacturing will help the industry to understand what design principles to work with and why.

表1: スマートマニュファクチャリングのイネーブラー(≈可能にする技術)のリスト

イネーブラー	定義の主たる提供者	定義/説明
接続性とクラウドコンピューティング	3GPP ISO/IEC JTC 1/SC 38	A.1 及び A.2
産業用セキュリティ (SMCCギャップ #5)	ISO/TC 292 追加グループ: ISO/IEC JTC 1/SC 27 IEC/TC 65/WG10	A.3
ブロックチェーン	ISO/TC 307	A.4
ロボット工学	ISO/TC 299	A.5
拡張現実と視覚化	ISO/IEC JTC 1/SC 24	A.6
積層造形法	ISO/TC 261 IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21 追加グループ: ISO/IEC JTC 1/WG 12	A.7
シミュレーション	ISO/TC 22 ISO/TC 184/SC 5/SG 7	A.8
モノのインターネット	ISO/IEC JTC 1/SC 29 ISO/IEC JTC 1/SC 41	A.9
人工知能(AI)	ISO/IEC JTC 1/SC 42 追加グループ: IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21	A.10

9つのイネーブラーのうち6つには1つのメインTCがあるため、明確な定義があります。9つのイネーブラーのうち3つは、複数のTCによってカバーされています。9つのイネーブラーのいずれもメインTCを欠いているものはありません。

エンハンサー

エンハンサーは、1つ以上のイネーブラーによって提供される可能性を利用して、新しい機会とビジネスソリューションを生み出します。エンハンサーは、従来のマニュファクチャリングからスマートマニュファクチャリングへの開発を強化(促進及びスピードアップ)するために不可欠です。

ロードマップとして、SMCCは以下を提案します:

- スマートマニュファクチャリングの実現に不可欠なエンハンサーのリストを作成します [図5(右)参照]。
- どのエンハンサーに、主たる焦点として設計原則に対応するTCがあるのかを特定します(表2参照)。
- 特定されたTCは、定義と高レベルの説明を提供するよう求められます(附属書B参照)。
- 対応するTCがないエンハンサーの場合、SMCCは、どのように対処するかについて推奨することが望まれます(たとえば、どのTCが担当できるかを提案します)。
- 目的: イネーブラーの明確な定義と説明、及びスマートマニュファクチャリングにおけるそれらの役割は、産業界がどの設計原則を使用するのか、そしてその理由を理解するのに役立ちます。

Table 2: List of the Enhancers (≈design principles) of smart manufacturing

Enhancers	Main provider of definition	Definition/Description
Terminology (SMCC gap #1) Reference models (SMCC gap#6)	SMCC (terminology) IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21 (reference models) Additional groups: IEC SyC SM WG 2	B.1
Product transparency	ISO/TC 184/SC 4	B.2
Horizontal integration	IEC/TC 65	B.3
Vertical integration	ISO/TC 184/SC 5 -IEC/SC 65 E JWG 5	B.4
Virtualization	-	B.5
Modularization	IEC/TC 65/SC 65 E	B.6
Decentralization (Distr./Network architecture)	IEC/TC 65/SC 65B	B.7
Digital twin	ISO/IEC JTC 1/SC 41 Additional groups: IEC/TC 65/WG 24 IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21 ISO/TC 184/AG 2 ISO/TC 184/SC 4/WG 15 ISO/TC 184/SC 1/WG 11 IEC/TC 65/WG 23	B.8
Data quality	ISO/TC 184/SC 4 ISO/IEC JTC 1/SC 7 ISO/IEC JTC 1/SC 42	B.9

Enhancers may combine existing standardization results originating from different ISO and IEC technical committees.

Two of the nine enhancers are dealt with by one main TC and have a clear definition. One of the nine enhancers is dealt with by multiple TCs. Six of the nine enhancers are lacking a corresponding TC and do not have an ISO definition.

Effects

As a roadmap, the SMCC proposes:

- Make a list of the envisioned effects of smart manufacturing (see **Table 3**).
- If a definition is missing, the SMCC should propose a clear definition for these effects, or indicate how it should be derived.
- Objective: The idea is to ensure that all stakeholders will get a shared common understanding of the foreseen effects.



表 2: スマートマニュファクチャリングのエンハンサー(≈ 設計原則)のリスト

エンハンサー	定義の主たる提供者	定義/説明
用語 (SMCCギャップ #1) 参照モデル (SMCCギャップ #6)	SMCC (用語) IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21 (参照モデル) 追加グループ: IEC SyC SM WG 2	B.1
製品の透明性	ISO/TC 184/SC 4	B.2
水平統合	IEC/TC 65	B.3
垂直統合	ISO/TC 184/SC 5 - IEC/SC 65 E JWG 5	B.4
仮想化	-	B.5
モジュール化	IEC/TC 65/SC 65 E	B.6
分散化 (分散/ネットワーク構造)	IEC/TC 65/SC 65B	B.7
デジタルツイン	ISO/IEC JTC 1/SC 41 追加グループ: IEC/TC 65/WG 24 IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21 ISO/TC 184/AG 2 ISO/TC 184/SC 4/WG 15 ISO/TC 184/SC 1/WG 11 IEC/TC 65/WG 23	B.8
データ品質	ISO/TC 184/SC 4 ISO/IEC JTC 1/SC 7 ISO/IEC JTC 1/SC 42	B.9

エンハンサーは、さまざまなISO及びIEC専門委員会からの既存の標準化の結果を組み合わせることもできます。

9つのエンハンサーのうち2つは、1つのメインTCによって扱われ、明確な定義があります。9つのエンハンサーのうちの1つは、複数のTCによって扱われます。9つのエンハンサーのうち6つには、対応するTCがなくISO定義はありません。

エフェクト

ロードマップとして、SMCCは以下を提案します：

- スマートマニュファクチャリングの想定されるエフェクトのリストを作成します(表3を参照)。
- 定義がない場合、SMCCはこれらのエフェクトの明確な定義を提案するか、それをどのように導き出すかを示すことが望まれます。
- 目的:この考えは、すべての利害関係者が予測される影響について共通の理解を共有できるようにすることです。

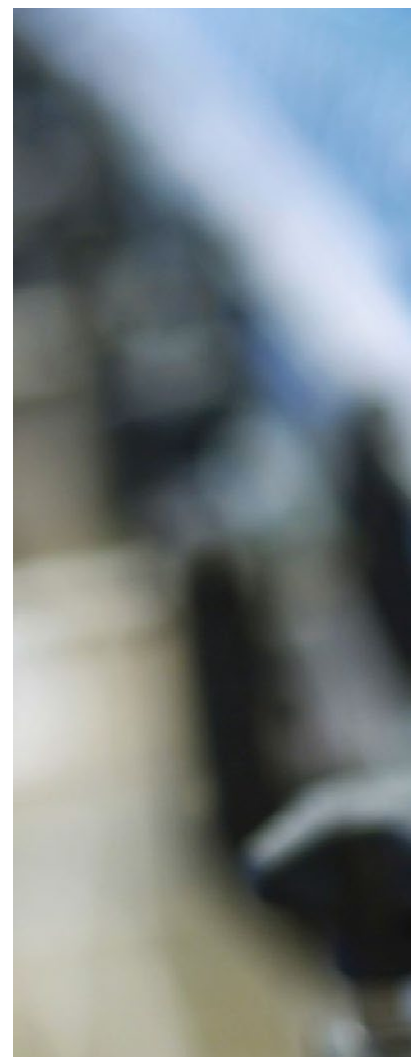


Table 3: Envisioned effects of smart manufacturing

Effects	Main provider of definition	Existing or proposed definition
Data-driven business models	-	C.1
Circular manufacturing	ISO/TC 323 ISO/TC 10/WG 20	C.2
Model-based manufacturing	ISO/TC 184/SC 4/WG 12	C.3
Fully automated factories	-	C.4
Product personalization (SMCC gap #3)	ISO/TC 184/SC 5/WG 14	C.5
Predictive maintenance	-	C.6
Edge computing	ISO/IEC JTC 1/SC 38	C.7
Servitization (SMCC gap #7)	IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21	C.8

Seven of the nine effects are not addressed by any TC. One of the nine effects is treated by a related TC, and one has a dedicated TC and a clear definition.



表 3: 想定されているスマートマニュファクチャリングのエフェクト

エフェクト	定義の主たる提供者	既存の又は提案された定義
データ駆動型ビジネスモデル	-	C.1
サーキュラーマニュファクチャリング	ISO/TC 323 ISO/TC 10/WG 20	C.2
モデルベースの製造	ISO/TC 184/SC 4/WG 12	C.3
完全に自動化された工場	-	C.4
製品のパーソナライズ (SMCCギャップ #3)	ISO/TC 184/SC 5/WG 14	C.5
予知保全	-	C.6
エッジコンピューティング	ISO/IEC JTC 1/SC 38	C.7
サービス化 (SMCCギャップ #7)	IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21	C.8

9つのエフェクトのうち7つは、どのTCによっても扱われていません。9つのエフェクトのうち1つは、関連TCによって扱われ、1つには専門のTCと明確な定義があります。



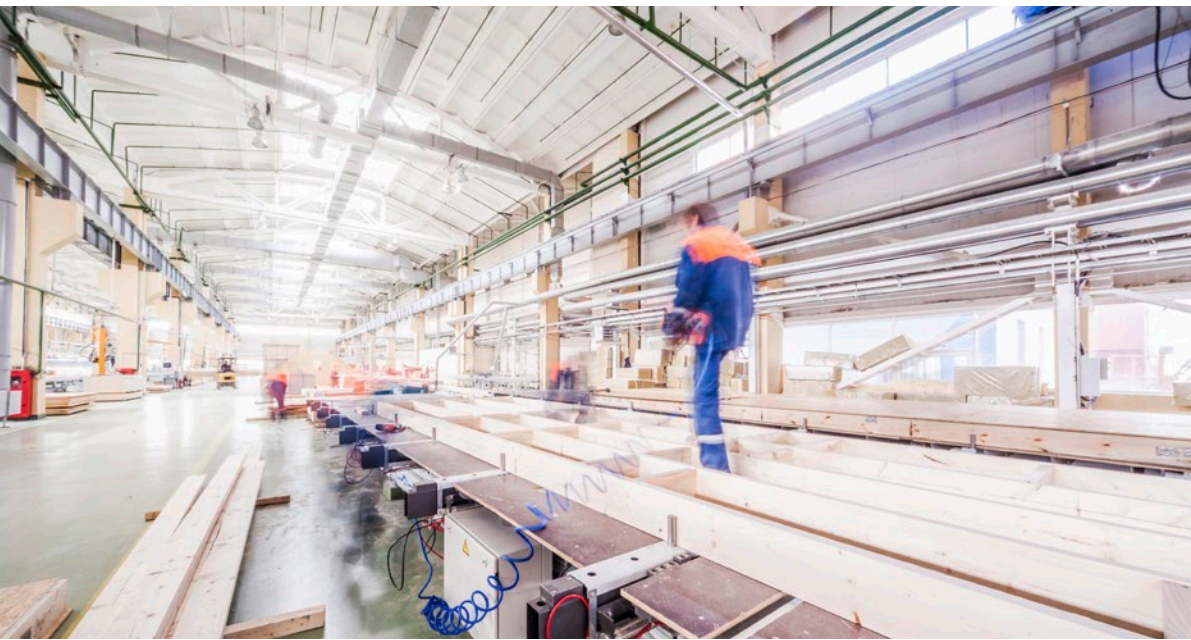
The SMCC matrix

The three parts of the roadmap – enablers, enhancers, and effects – can be presented in the form of a matrix in which each column corresponds to an enabler, an enhancer or an effect, and each row corresponds to a TC or WG within ISO, IEC or joint ISO/IEC (see **Figure 7**).



Figure 7: SMCC matrix

A list of standards relevant to smart manufacturing can be found in ISO/IEC TR 63306-2.



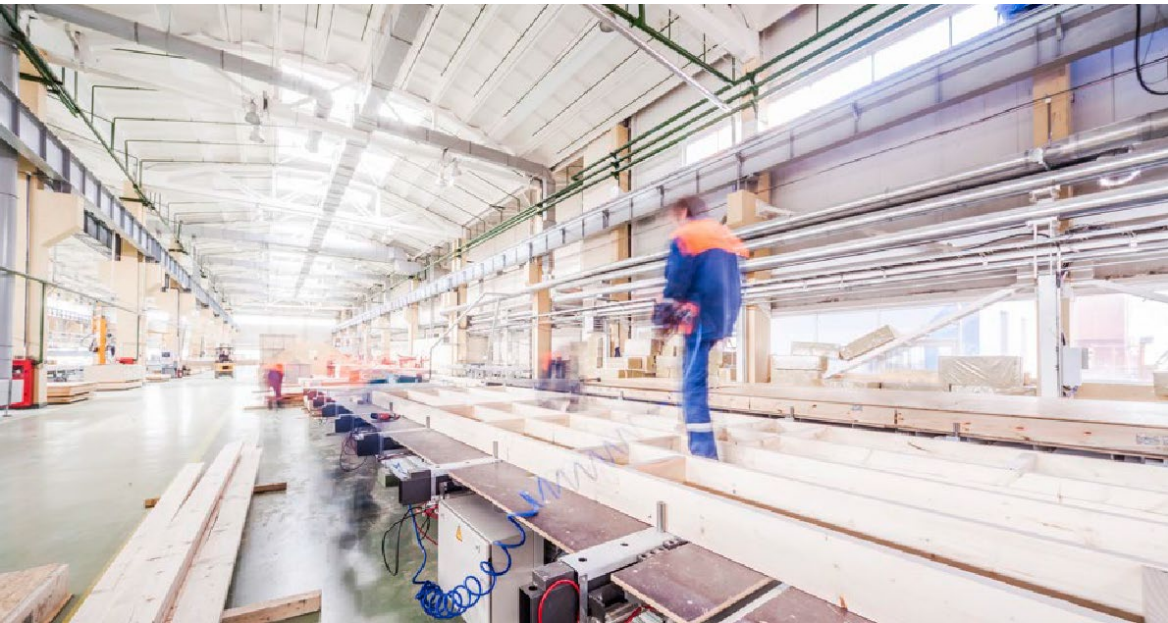
SMCCマトリックス

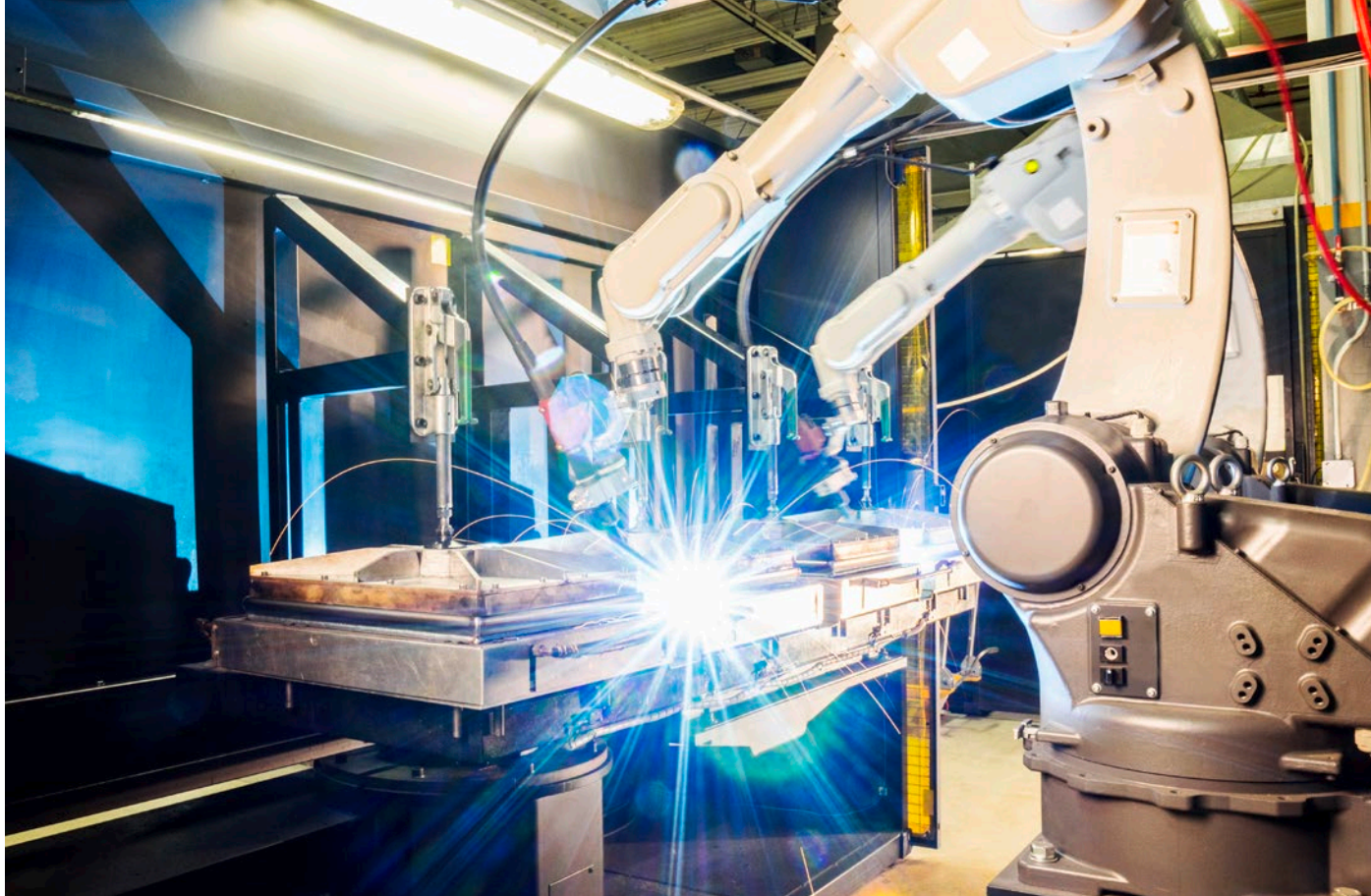
ロードマップの3つの部分(イネーブラー, エンハンサー, 及びエフェクト)は, マトリックスの形式で提示できます。各列はイネーブラー, エンハンサー, 又はエフェクトに対応し, 各行はISO, IEC又は合同ISO/IEC内のTC又はWGに対応します。(図7参照)。

	イネーブラー			エンハンサー			エフェクト		
	#1	...	#9	#A	...	#H	#alfa	...	#theta
ISO/									
ISO/									
ISO/									
ISO/									
IEC/									
IEC/									
ISO/IEC/									
ISO/IEC/									
ISO/IEC/									

図7: SMCCマトリックス

スマートマニュファクチャリングに関連する規格のリストは, ISO/IEC TR63306-2にあります。





Additional information

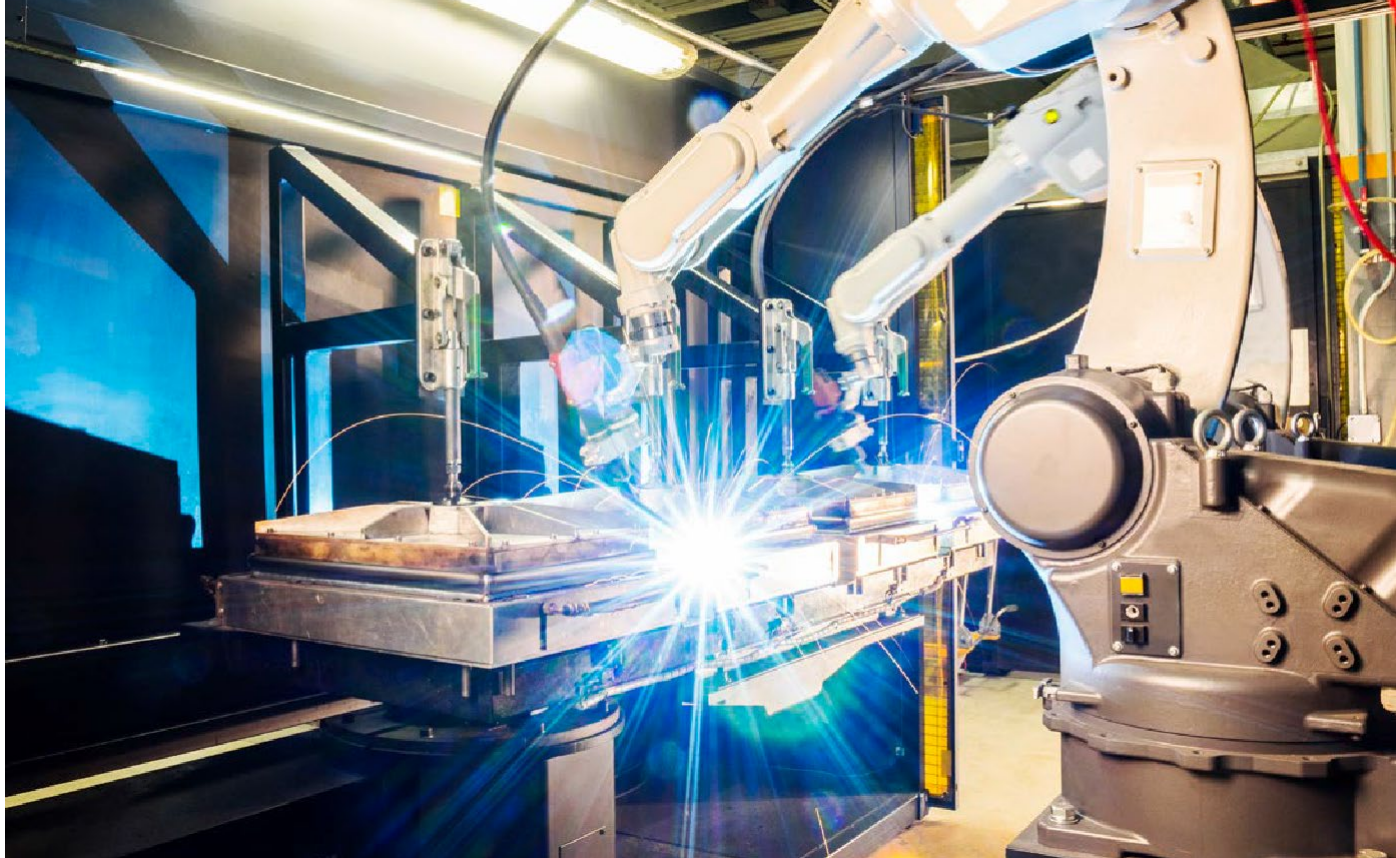
This white paper has presented smart manufacturing from the perspective of enablers, enhancers and effects. There are, of course, alternative ways in which the concept can be presented. Two of them are briefly mentioned here.

Lifecycles

Another way of presenting the work done by ISO regarding smart manufacturing is to present it according to the set of lifecycles that are included in smart manufacturing, i.e. product lifecycle, asset lifecycle, order-to-cash lifecycle, supply chain lifecycle, security lifecycle.

Each lifecycle is composed of a set of sequential steps. Each lifecycle has its own set of steps, however, the step “operation (make)” is present in all of them. This means that all lifecycles converge in the step “operation (make)”. In smart manufacturing, the aim is to increase the level of integration in three ways: integration between the steps within each lifecycle, integration between the various lifecycles, as well as integration between the early and late steps of the lifecycles.

This way of presenting smart manufacturing is highlighted in Figure 8 in which traditional manufacturing is visualized on the left part of the figure, and smart manufacturing is visualized on the right part (reference).



追加情報

この白書では、イネーブラー、エンハンサー、及びエフェクトの観点からスマートマニュファクチャリングを紹介しました。もちろん、コンセプトを提示する別の方法もあります。ここでは、そのうちの2つについて簡単に説明します。

ライフサイクル

スマートマニュファクチャリングに関してISOによって行われる業務を提示する別の方法は、スマートマニュファクチャリングに含まれる一連のライフサイクル、つまり、製品ライフサイクル、資産ライフサイクル、注文から入金までのライフサイクル、サプライチェーンのライフサイクル、セキュリティのライフサイクルに従ってそれを提示することです。

各ライフサイクルは、一組の一連のステップで構成されています。各ライフサイクルには独自の一連のステップがありますが、すべてに「運営（製造）」というステップがあります。これは、すべてのライフサイクルが「運営（製造）」のステップで収束することを意味します。スマートマニュファクチャリングの目的は、各ライフサイクル内のステップ間の統合、さまざまなライフサイクル間の統合、並びにライフサイクルの初期ステップと後期ステップ間の統合という3つの方法で統合のレベルを上げることです。

スマートマニュファクチャリングを提示するこの方法は、図8で強調して表示されていて、図の左側に従来マニュファクチャリングが視覚化され、右側にスマートマニュファクチャリングが視覚化されています（参照）。

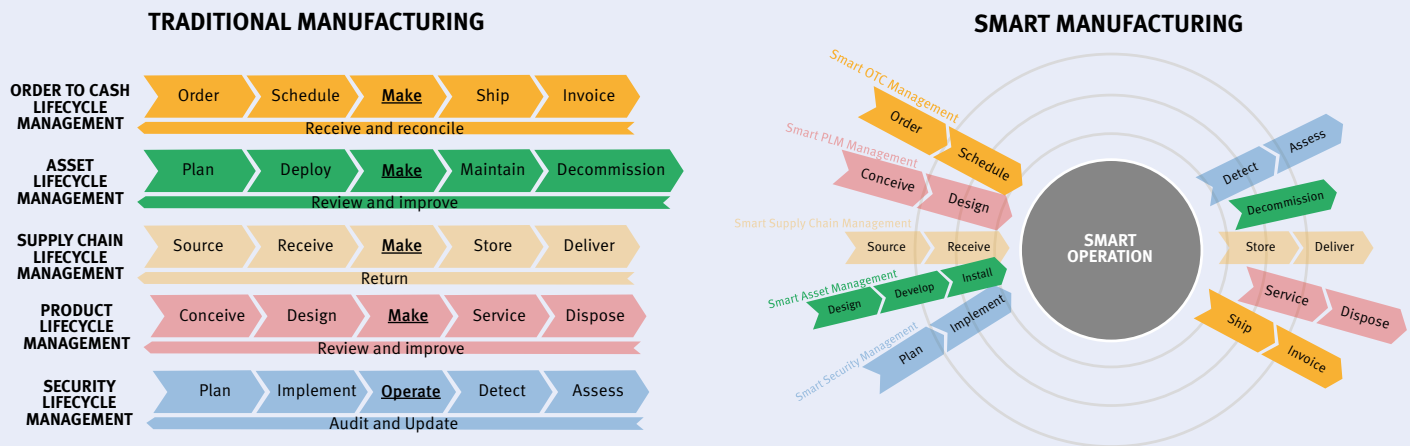


Figure 8: Visualization of traditional manufacturing compared with smart manufacturing

Smart Manufacturing Standards Mapping (SM2)

International and regional standards development organizations (SDOs), as well as consortia and national initiatives, identified the need for clarifying the standards landscape of the thousands of publications related to smart manufacturing.

Based on the recommendations of some ISO initiatives (e.g. ISO/TMB Strategic Advisory Group Industry 4.0/Smart Manufacturing), ISO and IEC established the Smart Manufacturing Standards Map Task Force (SM2TF), which reports jointly to the SMCC and IEC/SyC SM.

The goals of the SM2TF are to provide a systematic and reliable classification method for sorting, classifying and comparing standards.

In order to be able to make a quick and accurate selection from the vast number of standards for smart manufacturing, without having to read thousands of pages of text, the SM2TF used reference architecture models and other systematics that have emerged in recognized national initiatives for structuring.

The results were published in a two-part ISO/IEC Technical Report:

- ISO/IEC TR 63306-1, *Smart manufacturing standards map (SM2) – Part 1: Framework*.
This document describes the framework and the vocabulary that are used for the development of entries in ISO/IEC TR 63306-2.
- ISO/IEC TR 63306-2, *Smart manufacturing standards map (SM2) – Part 2: Catalogue*.
This document lists smart manufacturing related standards with their characteristics as specified in ISO/IEC TR 63306-1.

Currently, SM2TF is working on mapping the results on a platform that allows a graphical representation. First promising test results have already been achieved in the **IEC mapping tool**.

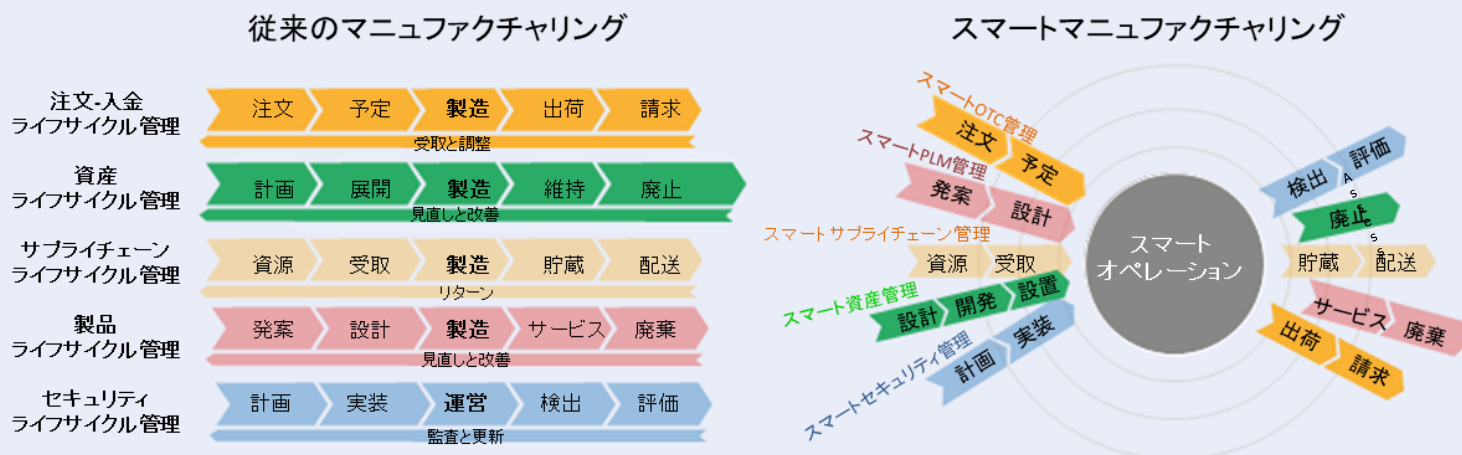


図8: スマートマニュファクチャリングと比較した従来のマニュファクチャリングの視覚化

スマートマニュファクチャリング規格マッピング(SM2)

国際及び地域の規格開発組織(SDO)、並びにコンソーシアム及び国家イニシアチブは、スマートマニュファクチャリングに関連する何千もの規格発行物の規格展望を明確にする必要性を特定しました。

一部のISOイニシアチブ(例えば、ISO/TMB戦略アドバイザリーグループ インダストリー 4.0/スマートマニュファクチャリング)の推奨事項に基づいて、ISOとIECは、SMCCとIEC/SyC SMIに合同で報告するスマートマニュファクチャリング規格マップタスクフォース(SM2TF)を設置しました。

SM2TFの目標は、規格をソート、分類、及び比較するための体系的で信頼性の高い分類方法を提供することです。

SM2TFは、数千ページのテキストを読まなくても、スマートマニュファクチャリングの膨大な数の規格から迅速かつ正確に適切な選択ができるようにするために、構造化のために認可された国家イニシアチブで出現した参照アーキテクチャモデルやその他の体系を使用しました。

結果は、2部構成のISO/IEC技術報告書で発行されました:

- ISO/IEC TR 63306-1, スマート製造基準マップ(SM2) – 第1部: フレームワーク。この文書では、ISO/IEC TR63306-2のエントリの開発に使用されるフレームワークと語彙について説明します。
- ISO/IEC TR 63306-2, スマート製造基準マップ(SM2) – 第2部: カタログ。この文書では、スマートマニュファクチャリング関連の規格をISO/IEC TR63306-1で指定されている特性と共に示します。

現在、SM2TFは、グラフィック表現を可能にするプラットフォームでの結果のマッピングに取り組んでいます。最初の有望なテスト結果は、IECマッピングツールですでに得られています。

Conclusions/next steps

Smart manufacturing is vital for economic growth and improved living standards. In this white paper, it has been explained by utilizing models from innovation. With certain regularity new disruptive technologies become available and pave the way for a new wave of innovations. When the effect of the new innovations is large enough, they revolutionize how things are seen and done.

In this white paper we have presented new disruptive technologies that are mature enough for industry to leverage (the enablers of smart manufacturing). We have also presented a set of design principles (the enhancers of smart manufacturing) that are currently under development and of high relevance for successfully implementing smart manufacturing. We have also presented the effects that are foreseen with smart manufacturing.

Standards related to smart manufacturing, i.e. to the enablers, enhancers and effects, are vital, and their development is urgently needed. Many companies and organizations rely on their content in the company's transformation journey towards smart manufacturing.

Therefore, it is important to understand which standards are already available, which are under development and, if any are missing, to identify where new ISO working groups should be established.

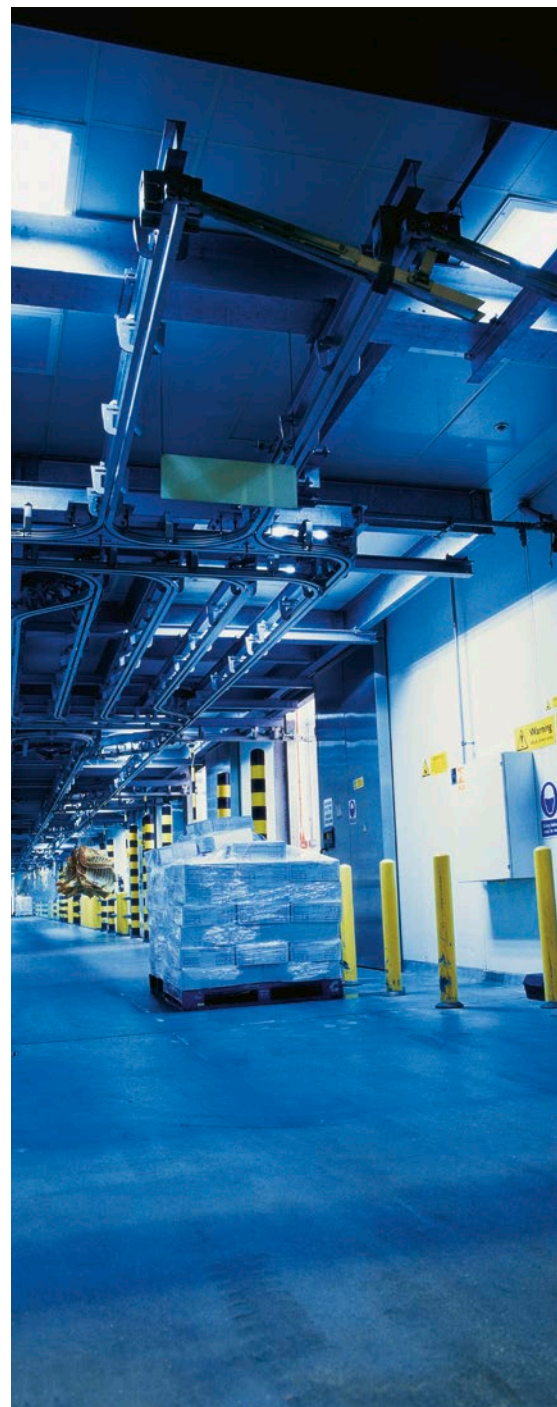
All the enablers are covered by at least one TC. Six of the nine enablers are addressed by one main TC and have a clear definition. Three of the nine enablers are addressed by multiple TCs, and a clarification would be beneficial for stakeholders. This white paper contains a concise presentation of the enabler by its ISO definition, as well as a short description of its relevance for smart manufacturing.

Only two of the nine enhancers are addressed by one dedicated TC and have a clear definition. One of the nine enhancers is addressed by multiple TCs. Six of the nine enhancers are lacking a corresponding TC and do not have an ISO definition. There is a need for additional working groups addressing the missing enhancers.

Seven of the nine effects are not addressed by any TC. One of the nine effects is addressed by a related TC, and one has a dedicated TC and a clear definition. There is a lack of ISO initiatives related to the effects.

The landscape of existing, as well as non-existent, standards is an important finding by the SMCC which will be brought forward to the ISO/TMB, together with additional recommendations.

The overall goal of this white paper – as well as for the SMCC and the related ISO working groups – is to make it easier for companies and other stakeholders to adapt to, and benefit from, the concept of smart manufacturing.



結論／次のステップ

スマートマニュファクチャリングは、経済成長と生活水準の向上に不可欠です。この白書では、イノベーションのモデルを利用して説明しました。一定の規則性を以って、新しい破壊的技術が利用可能になり、イノベーションの新しい波への道が開かれます。新しいイノベーションのエフェクトが十分に大きい場合、それは物事の見方や実行方法に革命をもたらします。

この白書では、産業界が活用できるほどに成熟した新しい破壊的技術（スマートマニュファクチャリングのイネーブラー）を紹介しました。また、現在開発中であり、スマートマニュファクチャリングの実装を成功させるための関連性の高い組の設計原則（スマートマニュファクチャリングのエンハンサー）も紹介しました。また、スマートマニュファクチャリングで予測されるエフェクトについても説明しました。

スマートマニュファクチャリングに関連する規格、つまりイネーブラー、エンハンサー、エフェクトに関連するものは不可欠であり、それらの開発が緊急に必要とされています。多くの企業や組織では、スマートマニュファクチャリングに向かう企業の変革の過程は、コンテンツに依存しています。

したがって、どの規格がすでに利用可能で、どの規格が開発中であるかを理解し、不足している場合は、新しいISO作業グループをどこに設置するべきかを特定することが重要です。

すべてのイネーブラーは、少なくとも1つのTCによって対象とされています。9つのイネーブラーのうち6つは、1つのメインTCによって扱われ、明確な定義があります。9つのイネーブラーのうち3つは、複数のTCによって扱われており、明確化は利害関係者にとって有益です。この白書には、ISO定義によるイネーブラーの簡明な説明、並びにスマートマニュファクチャリングとの関連性についての簡潔な説明が含まれています。

9つのエンハンサーのうち2つだけが、1つの専門のTCによって扱われ、明確な定義があります。9つのエンハンサーの1つは、複数のTCによって扱われています。9つのエンハンサーのうち6つには、対応するTCがなく、ISO定義はありません。定義のないエンハンサーを扱うための追加の作業グループが必要です。

9つのエフェクトのうち7つは、どのTCによっても扱われていません。9つのエフェクトの1つは、関連するTCによって扱われ、1つは専門のTCと明確な定義を有しています。エフェクトに関連するISOイニシアチブが不足しています。

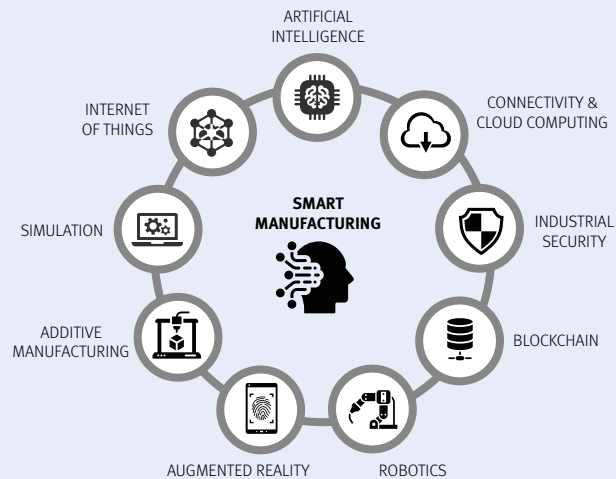
SMCCによりISO/TMBに提出される、既存規格並びに存在しない規格の状況は、追加の推奨事項と共に重要な気付きです。

この白書の全体的な目標は、SMCC及び関連するISO市場グループと同様に、企業やその他の利害関係者がスマートマニュファクチャリングの概念に適応し、その概念から利益を得るのを容易にすることです。



Annex A – Enablers, their definitions and relevance for smart manufacturing

Enablers have benefited from the recent rapid development in computer power and computational capabilities, and are now mature enough for industry to leverage.



Below is a list of enablers, their definitions and relevance for smart manufacturing.

Where there is no relevant ISO or IEC definition, a tentative definition was given.

A.1 Connectivity

Definition

5G is the fifth generation of wireless communications technologies supporting cellular data networks

[SOURCE: 3GPP]

Relevance

Connectivity, such as wireless connectivity through 5G, is an enabler for smart manufacturing since its speed, stability and reliability are high enough to fit industrial applications. This implies that intelligence/tasks, that traditionally have resided locally within the factory, now can be moved into the cloud and managed remotely. This is foreseen to increase performance, cost-efficiency and flexibility in the factories.

The performance of 5G's predecessors (i.e. 4G, 3G etc.) was suitable for personal applications such as voice and videos on mobile platforms, but it was insufficient for industrial applications. With the new advancements in wireless connectivity, industrial applications can leverage wireless technology and connectivity.

A.2 Cloud computing

Definition

cloud computing: paradigm for enabling network access to a scalable and elastic pool of shareable physical or virtual resources with self-service provisioning and administration on-demand

Note 1 to entry: Examples of resources include servers, operating systems, networks, software, applications, and storage equipment.

[SOURCE: ISO/IEC 17788:2014, 3.2.5 (JTC1/SC38)]

Relevance

Just as Moore's Law has continually expanded the calculation power of individual computing devices, the parallel advances in distributing computing over the last several decades have expanded the capacity, power and efficiency of working across these devices as a collective.

Cloud computing is the most recent advancement in distributed computing. It has emerged as the most efficient and powerful form of distributed computing yet and it is still improving and expanding. Cloud computing enables network access to a scalable and elastic pool of shareable physical or virtual resources with self-service provisioning and administration on-demand. This flexible distribution of data and computation provides new efficiencies across a spectrum of devices located

附属書 A – イネーブラー，その定義及びスマートマニュファクチャリングとの関連性

イネーブラーは、コンピューターの能力と計算機能の最近の急速な発展の恩恵を受けていて、現在、産業界で活用できるほどに成熟しています。



以下は、イネーブラーのリスト，それらの定義，及びスマートマニュファクチャリングとの関連性です。

関連するISO又はIECの定義がない場合は，暫定的な定義を与えました。

A.1 接続性

定義

5Gは，セルラーデータネットワークをサポートする第5世代のワイヤレス通信技術

[出典：3GPP]

関連性

5Gを介したワイヤレス接続などの接続は，その速度，安定性，及び信頼性が産業用アプリケーションに適合するのに十分高いため，スマートマニュファクチャリングを可能にするイネーブラーです。これは，従来は工場内にローカルに存在していたインテリジェンス/タスクをクラウドに移動してリモートで管理できるようになったことを意味します。これにより，工場のパフォーマンス，コスト効率，柔軟性が向上すると予測されています。

5Gの前身（つまり，4G，3Gなど）のパフォーマンスは，モバイルプラットフォームでの音声やビデオなどの個人用アプリケーションには適していましたが，産業用アプリケーションには不十分でした。ワイヤレス接続の新しい進歩により，産業用アプリケーションはワイヤレス技術と接続を活用できます。

A.2 クラウドコンピューティング

定義

クラウドコンピューティング：セルフサービスのプロビジョニングとオンデマンドの管理により，共有可能な物理リソース又は仮想リソースのスケラブルで弾力性のあるプールへのネットワークアクセスを可能にするパラダイム

注釈1：リソースの例には，サーバー，オペレーティングシステム，ネットワーク，ソフトウェア，アプリケーション，及びストレージ機器が含まれる。

[出典：ISO / IEC 17788:2014，3.2.5(JTC 1/ SC 38)]

関連性

ムーアの法則が個々のコンピューティングデバイスの計算能力を継続的に拡大してきたように，過去数十年にわたる分散コンピューティングにおける並行した進歩により，これらのデバイス全体で集合としての機能，能力及び効率が拡大しました。

クラウドコンピューティングは，分散コンピューティングにおける最新の進歩です。これは，分散コンピューティングの最も効率的で強力な形態として浮上しており，現在も向上と拡大を続けています。クラウドコンピューティングは，セルフサービスのプロビジョニングとオンデマンドの管理により，共有可能な物理リソース又は仮想リソースのスケラブルで弾力性のあるプールへのネットワークアクセスを可能にします。この柔軟なデータ分散と計算により，プライベート，パブリック，又はハイブリッドクラウド展開モデルを使用して，

on-premise, on the edge, or in high capacity data centers—using private, public or hybrid cloud deployment models. This enables one to choose the most efficient place to process their data, whether it be local data emerging from devices at the edge, or central collections of data in a data center. This powerful new paradigm allows wider access to modern sophisticated computing platforms without upfront capital investment, and with a pay-as-you-go flexibility.

Cloud computing itself has enabled the emergence of other powerful enablers like Big Data and Artificial Intelligence, which themselves drive further abilities in smart manufacturing. From product design, to supply chains, to factory floor automation, cloud computing plays a role in expanding the capacity, efficiency and power of all aspects of smart manufacturing.

A.3 Industrial security

Definition 1

security: *state of being free from danger or threat*

[SOURCE: ISO 22300:2021, 3.1.239, modified (ISO/TC 292)]

Definition 2

Information security: *preservation of confidentiality, integrity and availability of information.*

[SOURCE: ISO/IEC 27000 :2018, 3.28 (ISO/IEC JTC 1/SC 27)]

Definition 3

cybersecurity: *preservation of confidentiality, integrity and availability of information in the Cyberspace*

[SOURCE: ISO/IEC 27032:2012, 4.20, modified (ISO/IEC JTC 1/SC 27)]

Relevance

Security is, as an enabler, a basic requirement for smart manufacturing and trustworthy cooperation along industrial value chains. “Industrial security” denotes the holistic protection of information technology in production systems, as well as of machines and plants against sabotage, espionage, or manipulation. The expectation of trustworthiness has become increasingly important along the value creation chain. This heightens the importance of protection and proof of the integrity of data, systems, and processes along a “supply chain”, which will be reflected in future standards. Also, data protection (privacy/IPR protection) and functional security are typical protection goals within the industrial environment.

The various security requirements also are determined by real-time and robustness requirements, and

requirements for the continuous availability of industrial plants. At the same time, it is essential for industrial security to implement end-to-end security architectures that cover both the IT areas and the OT areas of a company (or an entire smart manufacturing application scenario across company boundaries). Thus, there is an increasing need to protect industrial applications and systems directly (i.e. at application level) rather than relying on network security mechanisms alone.

Also, the protection of applications supported by artificial intelligence mechanisms creates new requirements and needs for standards: Here, security functions should ensure that an application delivers exactly the functionality that the user expects in terms of trustworthiness, without the result being falsified by manipulation of input data or function components. The classic integrity protection of data or components and systems is faced with completely new challenges.

The development principle “Security by Design” is generally accepted, i.e. security functions are integrated into the planning, development and manufacturing process from the beginning, which means that appropriate process and technical standards, as well as requirement and certification standards are particularly necessary.

International standardization activities in the field of industrial security that also support future quality assurance processes are taking place especially in ISO/TC 292, ISO/IEC JTC1 (WG13, SC17, SC27, SC41, SC42), IEC/TC65, and IEC/IEC WG31.

A.4 Blockchain

Definition

blockchain: *distributed ledger with confirmed blocks organized in an append-only, sequential chain using cryptographic links*

Note 1 to entry: Blockchains are designed to be tamper resistant and to create final, definitive and immutable ledger records.

[SOURCE: ISO 22739:2020, 3.6 (ISO/TC 307)]

Relevance

A blockchain is, succinctly, an encrypted and sequential encrypted interlinked set of records (ledgers) that is usually duplicated and distributed across multiple storage units or nodes. Blockchains can be implemented in either a private, closed system with pre-approved users, or as open public systems where anonymous users can manipulate the ledgers using a distributed

オンプレミス、エッジ、又は大容量データセンターに配置されたさまざまなデバイスに新しい効率がもたらされます。これにより、エッジのデバイスから発生するローカルデータであろうと、データセンター内のデータのセンターコレクションであろうと、データを処理するための最も効率的な場所を選択できます。この強力な新しいパラダイムにより、先行投資なしで、従量制の柔軟性を備えた最新の洗練されたコンピューティングプラットフォームへの幅広いアクセスが可能になります。

クラウドコンピューティング自体が、ビッグデータや人工知能などの他の強力なイネーブラーの出現を可能にしました。これらは、それ自体がスマートマニファクチャリングのさらなる能力を推進します。製品設計からサプライチェーン、工場のフロア自動化に至るまで、クラウドコンピューティングは、スマートマニファクチャリングのあらゆる側面の能力、効率、及びパワーを拡張する役割を果たします。

A.3 産業用セキュリティ

定義 1

セキュリティ: 危険又は脅威から解放された状態

[出典: ISO 22300:2021, 3.1.239, 修正 (ISO/TC 292)]

定義 2

情報セキュリティ: 情報の機密性、完全性及び可用性の維持

[出典: ISO/IEC 27000:2018, 3.28 (ISO/IEC JTC 1/SC 27)]

定義 3

サイバーセキュリティ: サイバースペースにおける情報の機密性、完全性及び可用性の維持

[出典: ISO/IEC 27032:2012, 4.20, 修正 (ISO/IEC JTC 1/SC 27)]

関連性

セキュリティは、イネーブラーとして、スマートマニファクチャリングと産業バリューチェーンに沿った信頼できる協力のための基本的な要件です。「産業用セキュリティ」とは、生産システムにおける情報技術の全体的な保護、及び妨害行為、スパイ行為、又は操作に対する機械やプラントの全体的な保護を意味します。信頼性への期待は、バリュー創造チェーンに沿ってますます重要になっています。これにより、「サプライチェーン」に沿ったデータ、システム、及びプロセスの完全性の保護と証明の重要性が高まり、これは、将来の規格に反映されます。また、データ保護(プライバシー/IPR保護)と機能的セキュリティは、産業環境における代表的な保護目標です。

さまざまなセキュリティ要件も、リアルタイム及び堅牢性の要件及び産業プラントの継続的な可用性のための要件によって決定されます。同時に、産業用セキュリティには、企業のIT領域とOT領域の両方(又は企業の境界を越えたスマートマニファクチャリングアプリケーションシナリオ全体)を対象とするエンドツーエンドのセキュリティアーキテクチャを実装することが不可欠です。したがって、ネットワークセキュリティメカニズムだけに依存するのではなく、産業用アプリケーションとシステムを直接(つまり、アプリケーションレベルで)保護する必要性が高まっています。

また、人工知能メカニズムによってサポートされるアプリケーションの保護は、規格に対する新しい要件とニーズを生み出します。ここで、セキュリティ機能は、入力データ又は関数コンポーネントの操作によって結果が改ざんされることなく、アプリケーションが信頼性に関してユーザーが期待する機能を正確に提供することを保証することが望まれます。データ又はコンポーネントとシステムの従来の整合性保護は、まったく新しい課題に直面しています。

開発原則「セキュリティバイデザイン」は一般的に受け入れられています。つまり、セキュリティ機能は、最初から計画、開発、製造プロセスに統合されていて、適切なプロセスと技術規格、並びに要件と認証の規格が特に必要です。

特にISO/TC 292, ISO/IEC JTC1 (WG13, SC17, SC27, SC41, SC42), IEC/TC65, 及びIECEE CMC WG31では、将来の品質保証プロセスもサポートする産業用セキュリティの分野での国際標準化活動が行われています。

A.4 ブロックチェーン

定義

ブロックチェーン: 暗号化リンクを使用して、追加専用のシーケンシャルチェーンに編成された確認済みブロックを備えた分散型台帳

注釈1: ブロックチェーンは、改ざんされにくく、最終的な不変の元帳レコードを作成するように設計されています。

[出典: ISO 22739:2020, 3.6 (ISO/TC 307)]

関連性

ブロックチェーンは、簡潔に言えば、暗号化され、順次暗号化された相互リンクされた一組のレコード(元帳)であり、通常は複製され、複数のストレージユニット又はノードに分散されます。ブロックチェーンは、事前に承認されたユーザーがいるプライベートのクローズドシステム、又は匿名ユーザーが分散型認証アルゴリズムを使用して元帳を操作できるオープンパブリックシステムのいずれかで実装できます。ブロックチェーンベースのアプリケーションは、適切に実装及び操作されている場合、データのブロックがプロ

authentication algorithm. A blockchain-based application, if properly implemented and operated, is tamper-proof since, once a block of data is recorded on a blockchain ledger, it is practically impossible to change or remove. Blockchain technologies can be used for any transactional and document/information management systems.

In smart manufacturing, blockchains can be used, for instance, to further automate in a secure fashion the supply chain, to implement tamper-proof digital threads (for life cycle asset and product management) and to enable secure automated registration and software update of IoT devices.

A.5 Robotics

Definition 1

robotics: science and practice of designing, manufacturing, and applying robots

[SOURCE: ISO 8373:2012, 2.16 (ISO/TC 184/SC 2, which was replaced by ISO/TC 299)]

Definition 2

robot: actuated mechanism programmable in two or more axes with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks

Note 1 to entry: A robot includes the control system and the interface of the control system.

Note 2 to entry: the classification of robot into industrial robot or service robot is done according to its intended application.

[SOURCE: ISO 8373:2012, 2.6 (ISO/TC 184/SC 2)]

Definition 3

industrial robot: automatically controlled, reprogrammable multi-purpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications

Note 1 to entry: The industrial robot includes: the manipulator, including actuators, the controller, including teach pendant and any communication interface (hardware and software).

Note 2 to entry: This includes any integrated additional axes.

[SOURCE: ISO 8373:2012, 3.10 (ISO/TC 184/SC 2)]

Relevance

Robotics has been a core pillar in manufacturing for several decades and is a hugely valuable industry today. As statistics reveal, growth in the robotics industry

continues to be explosive. Since the installation of the first industrial robot in the 1970s, the sector has continuously expanded into new markets and developed new applications. Today robotics is no longer a technology for only manufacturing but has evolved to also address much wider range of applications and domains where a variety of services are provided to different end users. Robot and robot systems can also be part of Integrated Machine Systems where such IMS should be considered as a new and different machine rather than simply its parts combined.

A.6 Augmented Reality

Definition 1

augmented reality: interactive experience of a real-world environment whereby the objects that reside in the real world are augmented by computer-generated perceptual information

[SOURCE: ISO/IEC 18038:2020, 3.2 (ISO/IEC JTC1/SC 24)]

Definition 2

visualization: technique for creating images, diagrams, or animations to communicate a message

[SOURCE: ISO/TR 24464:2020, 3.1.14 (ISO/TC 184/SC 4)]

Relevance

Augmented Reality (AR) characterizes an interactive experience of a real-world environment where the objects that reside in the real world are augmented by computer-generated perceptual information. Mixed Reality (MR) merges real and virtual worlds to generate a new environment where physical and synthetic objects co-exist and interact (ISO/IEC 18038).

Smart manufacturing employs computer-integrated manufacturing and digital information technology. It provides interoperable systems, multi-scale dynamic modeling and simulation for manufacturing. It includes intelligent automation, cyber security, networked sensors, and big data processing capabilities. Industrial connectivity devices and services support smart manufacturing, and robotics plays a key role in its advancement. In summary, smart manufacturing is based on automation, sensors, intelligent machines, big data, AR/MR, digital twin, and robotics.

For smart manufacturing to function, information access and simulation to/from machines should be provided as part of device usage. This requires connectivity with real world sensors and simulation in a virtual world for sensor representation, control and management. AR

ックがブロックチェーン元帳に記録されると、変更又は削除することは事実上不可能であるため、改ざんは防止されます。ブロックチェーン技術は、あらゆる処理及び文書／情報管理システムに使用できます。

スマートマニュファクチャリングでは、ブロックチェーンを使用することができて、たとえば、サプライチェーンを安全な方法でさらに自動化し、改ざん防止のデジタルスレッド(ライフサイクル資産及び製品管理用)を実装し、IoTデバイスの安全な自動登録とソフトウェア更新を可能にします。

A.5 ロボット工学

定義 1

ロボット工学: ロボットの設計、製造、及び適用の科学と実践

[出典: ISO 8373:2012, 2.16(ISO/TC 184/SC 2, ISO/TC 299に置き換えられた)]

定義 2

ロボット: 意図されたタスクを実行するために、その環境内を移動するある程度の自律性を備えた2軸以上の軸でプログラム可能な作動メカニズム

注釈1: ロボットには、制御システムと制御システムのインターフェースが含まれる。

注釈2: ロボットの産業用ロボット又はサービスロボットへの分類は、使用目的に応じて行われる。

[出典: ISO 8373:2012, 2.6(ISO/TC 184/SC 2)]

定義 3

産業用ロボット: 自動制御された再プログラム可能な多目的マニピュレータであり、3軸以上でプログラム可能で、産業用自動化アプリケーションで使用するために、所定の位置に固定することも移動することも可。

注釈1: 産業用ロボットには、アクチュエータを含むマニピュレータ、ティーチペンダントを含むコントローラ、及び任意の通信インターフェース(ハードウェア及びソフトウェア)が含まれる。

注釈2: これには統合された追加の軸が含まれる。

[出典: ISO 8373:2012, 3.10(ISO/TC 184/SC 2)]

関連性

ロボット工学は、数十年にわたって製造業の中心的な柱であり、今日では非常に価値のある産業です。統計が明らかにするように、ロボット産業の成長は爆発的であり続けています。1970年代に最初の産業用ロボットが設置されて以来、この分野は継続的に新しい市場に拡大し、新しいアプリケーションを開発してきました。今日、ロボット工学はもはや製造業だけの技術ではなく、さまざまなサービスがさまざまなエンドユーザーに提供されるはるかに幅広いアプリケーションやドメインにも対応するように進化しています。

ロボットとロボットシステムは、統合マシンシステムの一部にすることもでき、この場合、そのようなIMS(統合マシンシステム)は、単にパーツを組み合わせたものではなく、新しい異なるマシンと見なすべきでしょう。

A.6 拡張現実

定義 1

拡張現実: 現実世界に存在するオブジェクトがコンピューターで生成された知覚情報によって拡張される、現実世界環境のインタラクティブな体験

[出典: ISO/IEC 18038:2020, 3.2(ISO/IEC JTC1/SC 24)]

定義 2

視覚化: メッセージを伝達するための画像、図、又はアニメーションをつくり出すための手法

[出典: ISO/TR 24464:2020, 3.1.14(ISO/TC 184/SC 4)]

関連性

拡張現実(AR)は、現実世界に存在するオブジェクトがコンピューターで生成された知覚情報によって拡張される、現実世界の環境のインタラクティブな体験を特徴づけます。複合現実(MR)は、現実世界と仮想世界をマージして、物理オブジェクトと合成オブジェクトが共存し、相互作用する新しい環境を生成します(ISO/IEC 18038)。

スマートマニュファクチャリングは、コンピューター統合製造とデジタル情報技術を採用しています。相互運用可能なシステム、製造のためのマルチスケール動的モデリング及びシミュレーションを提供します。これには、インテリジェントな自動化、サイバーセキュリティ、ネットワークセンサー、及びビッグデータ処理機能が含まれます。産業用接続デバイスとサービスはスマートマニュファクチャリングをサポートし、ロボット工学はその進歩において重要な役割を果たします。要約すると、スマートマニュファクチャリングは、自動化、センサー、インテリジェントマシン、ビッグデータ、AR/MR、デジタルツイン、及びロボット工学に基づいています。

スマートマニュファクチャリングが機能するためには、デバイスの使用の一部として、マシンとの間の情報アクセスとシミュレーションを提供することが望まれます。これには、センサーの表現、制御、及び管理のために、実世界のセンサーとの接続及び仮想世界でのシミュレーションが必要です。ARとMRは、スマートマニュファクチャリングを実現するために、現実世界と仮想世界の間に機能を提供します。

and MR provide the functionalities between real and virtual worlds to achieve smart manufacturing.

For smart manufacturing, AR/MR provides design capabilities for manufacturing objects and facilities, visualization of sensor functions and manufacturing objects and facilities, and simulation of sensor-generated data and functions. It provides connectivity and communication between real and virtual worlds, and monitoring of sensor functions with data visualization, and management of manufacturing objects and facilities.

Applications for smart manufacturing with AR/MR include smart factory, facility management and security, manufacturing data visualization, manufacturing process visualization, manufacturing data monitoring, etc.

A.7 Additive manufacturing

Definition 1

additive manufacturing: process of joining materials to make parts from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing and formative manufacturing methodologies

[ISO/ASTM 52900:2015, 2.1.2 (ISO/TC 261)]

Definition 2

additive manufacturing: various processes in which material is joined or solidified under computer control to create a three-dimensional object

[SOURCE: IEC 63339, (IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21)]

Relevance

Additive manufacturing is within the scope of ISO/TC 261, *Additive manufacturing*, in cooperation with ASTM F42, *Additive Manufacturing Technologies*, on the basis of a partnership agreement between ISO and ASTM International with the aim to create a common set of ISO/ASTM standards on additive manufacturing. From ISO/ASTM 52900, additive manufacturing is the general term for those technologies that based on a geometrical representation create physical objects by addition of material. These technologies are undergoing a rapid rate of development and expansion in material properties, machine tool enhancements and production processes. Multiple material systems are being enhanced in metals, polymers, ceramics and composites.

Additive manufacturing is defined by process categories and is used to provide a general, structural distinction between different AM processes, based on the process architecture and typical process characteristics.

In the additive process, entire paradigms of engineering design are challenged. New and never-before imagined designs are emerging from the optimization methods for structural design that are not limited by the removal of materials found in subtractive processes. In this fashion, smart manufacturing and additive are highly complementary concepts where the information technology enhancements from a smart system are used to provide information to the additive design itself. Further, additive technologies bring the ability to create customized product based on the detailed information at the point of design. With smart machines embedded within the additive manufacturing process, smart products tailored to the individual use are possible.

A.8 Simulation

Definition 1

simulation: approximated imitation of selected behavioural characteristics of one physical or abstract system by a static or dynamic model

[SOURCE: ISO/TR 4804:2020, 3.56 (ISO/TC 22)]

Definition 2

modeling and simulation: discipline that comprises the development and/or use of models and simulations

Note 1 to entry: The use of models – physical, mathematical, or otherwise logical representations – as a basis for simulations – to develop data for managerial or technical decision making covering analysis, experimentation, and training enables understanding a system's behaviour without actually testing the system in the real world.

[SOURCE: DoD 5000.61:2009-12-09, (Modeling and Simulation Verification, Validation, and Accreditation), modified – Note 1 to entry has been added].

Relevance

A simulation is, succinctly, the dynamic execution of a model of a real or abstract system. A simulation can be used to virtually prototype a system and compare alternative designs. Simulations are also at the core of digital twins.

In smart manufacturing, in addition to the implementation of digital twin, simulation can be used not only in the engineering of products, but also to engineer and optimize all the processes such as the supply chain.

スマートマニファクチャリングのために、AR/MRは、オブジェクトと設備の製造、センサー機能とオブジェクトと設備の製造の視覚化、及びセンサーによって生成されたデータと機能のシミュレーションの設計能力を提供します。実世界と仮想世界の間の接続と通信、データの視覚化によるセンサー機能の監視、製造オブジェクトと施設の管理を提供します。

AR/MRを使用したスマートマニファクチャリングのアプリケーションには、スマートファクトリ、施設管理とセキュリティ、製造データの視覚化、製造プロセスの視覚化、製造データの監視などがあります。

A.7 アディティブマニファクチャリング(積層造形法)

定義 1

アディティブマニファクチャリング: サブトラクティブマニファクチャリングやフォーマティブマニファクチャリング手法とは対照的に、3Dモデルデータからパーツを作成するために材料を結合するプロセス

[ISO/ASTM 52900:2015, 2.1.2(ISO/TC 261)]

定義 2

アディティブマニファクチャリング: コンピューター制御下で材料を接合又は固化して3次元オブジェクトを作成するさまざまなプロセス

[出典: IEC 63339, (IEC/TC 65-ISO/TC 184 JWG 21)]

関連性

アディティブマニファクチャリングは、ISOとASTM Internationalの間のパートナーシップ協定に基づいて、アディティブマニファクチャリングに関する一連のISO/ASTM共通規格を作成することを目的として、ASTM F 42 Additive Manufacturing Technologiesと協力関係にあるISO/TC 261 付加製造の業務範囲内にあります。ISO/ASTM 52900によると、積層造形は、幾何学的表現に基づいて材料を積層することによって物理的なオブジェクトを作成する技術の総称です。これらの技術は、材料特性、工作機械の改良、及び製造プロセスにおいて急速な発展と拡大を遂げています。金属、ポリマー、セラミック、複合材料で、多数の材料システムが改良されています。

アディティブマニファクチャリングは、プロセスカテゴリによって定義され、プロセスアーキテクチャと一般的なプロセス特性に基づいて、さまざまなAMプロセス間の一般的な構造上の区別を提供するために使用されます。

積層プロセスでは、エンジニアリング設計のパラダイム全体が変革を受けます。サブトラクティブプロセスで見出された材料の除去によって制限されない構造設計の最適化手法から、これまでにない新しい設計が登場しています。このように、スマートマニファクチャリングと積層は非常に補完的な概念であり、スマートシステムからの情報技術の強化を使用して積層の設計自体に情報を提供します。さらに、積層技術は、設計時点での詳細情報に基づいてカスタマイズされた製品を作成する機能をもたらします。アディティブマニファクチャリングプロセスに組み込まれたスマートマシンにより、個々の用途に合わせたスマートプロダクトが可能になります。

A.8 シミュレーション

定義 1

シミュレーション: 静的又は動的モデルによる1つの物理システム又は抽象システムの選択された動作特性の近似模倣

[出典: ISO/TR 4804:2020, 3.56(ISO/TC 22)]

定義 2

モデリングとシミュレーション: モデルとシミュレーションの開発及び又は使用を含む規律

注釈1: シミュレーションの基礎としてのモデル(物理的、数学的、又はその他の論理的表現)を使用して、分析、実験、及びトレーニングをカバーする管理上又は技術上の意思決定のためのデータを開発することで、実際に実世界のシステムを試験することなくシステムの動作を理解できます。

[出典: DoD 5000.61:2009-12-09, (モデリング及びシミュレーションの検証、妥当性確認、及び認定)、変更- 注釈1が追加されました]

関連性

シミュレーションとは、簡潔に言えば、実際のシステム又は抽象的なシステムのモデルを動的に実行することです。シミュレーションを使用して、システムのプロトタイプを仮想的に作成し、代替設計と比較できます。シミュレーションもデジタルツインの中核です。スマートマニファクチャリングでは、デジタルツインの実装に加えて、シミュレーションを製品のエンジニアリングだけでなく、サプライチェーンなどのすべてのプロセスのエンジニアリングと最適化にも使用できます。

A.9 Internet of Things

Definition 1

Internet of Things: *infrastructure of interconnected objects, people, systems and information resources together with intelligent services to allow them to process information of the physical and the virtual world and to react*

[SOURCE: ISO/IEC 23093-1:—, 3.2.9 (ISO/IEC JTC 1/SC 29)]

Relevance

The Internet of Things (IoT) is a system concept that uses many technologies that are standardized by other ISO/IEC JTC 1 entities and other SDOs ranging from networking, big data, digital twin to cloud computing and AI.

IoT systems are software and data intensive as well as network centric. They can be quite complex, ranging from simple architecture to multi-tier distributed computing cyberphysical systems. IoT sensor data is used for analytic applications, to train AI systems, build and synchronize digital twins and in implementing cyber-physical systems.

In an industrial setting, the convergence of operational technologies (OT) and information technologies (IT) is giving rise to the Industrial Internet of Things.

The IoT is thus a key enabler for smart manufacturing since it enables an entity (human or machine) to make a decision using 'real-time' sensor data and historical data and act on it, either through human intervention or directly in a machine-to-machine mode using actuators.

A.10 Artificial Intelligence (AI)

Definition 1

artificial intelligence: *«engineered system» set of methods or automated entities that together build, optimize and apply a model so that the system can, for a given set of predefined tasks, compute predictions, recommendations, or decisions*

Note 1 to entry: AI systems are designed to operate with varying levels of automation.

Note 2 to entry: Predictions can refer to various kinds of data analysis or production (including translating text, creating synthetic images or diagnosing a previous power failure). It does not imply anteriority.

[SOURCE: ISO/IEC 22989:—, 3.1.2 (ISO/IEC JTC 1/SC 42)]

Definition 2

artificial intelligence: *«discipline» study of theories, mechanisms, developments and applications related*

to artificial intelligence «engineered system»

[SOURCE: ISO/IEC 22989:—, 3.1.3 (ISO/IEC JTC 1/SC 42)]

Relevance

This section covers the horizontal work related to artificial intelligence, big data and the data ecosystem related to AI, big data and analytics. The work is being developed in ISO/IEC JTC 1/SC 42.

Artificial Intelligence is an enabler for smart manufacturing since it provides an ability to compute large amounts of data to produce insights. For example:

- AI technologies will enable insights and analytics that go far beyond what legacy analytic systems could provide in terms of both efficiency, speed and applications that have yet to be envisioned. This is a radical departure from the way analytic systems have traditionally been designed akin to the “plug and play” approach over a decade ago in enterprise and consumer applications.
- Big data technologies will streamline and, in many cases, enable analytics to be performed on massive data sets by architecting compute systems around how the data sets will be generated and used in a particular application. This is a departure from applying the same compute system to an application regardless of what the data looks like such as its variety, volume, variability etc.

In addition to enabling the services that are at the cornerstone of digital transformation, the work of ISO/IEC JTC 1/SC 42 goes further in addressing some of the concerns, usage and application of them. For instance:

- Data quality standards for machine learning and analytics are crucial in ensuring that the applied technologies produce useful insights and eliminate faulty ones.
- Governance standards in the areas of AI and business process framework for big data analytics address how the technologies can be governed and managed from a management perspective.
- Standards that address trustworthiness, ethics and societal concerns will ensure rapid deployment while addressing such concerns from the start.

ISO/IEC JTC 1/SC 42 is also working on a novel approach to help ensure confidence when technologies like AI are used in areas like smart manufacturing through a management systems standard. Together, these technologies and standards will enable smart manufacturing applications. It should be noted that these technologies will not operate in isolation but together with emerging operational technologies and other IT technologies.

A.9 モノのインターネット

定義 1

モノのインターネット: 物理世界と仮想世界の情報を処理し、反応することができるようにインテリジェントサービスを伴った、相互接続されたオブジェクト、人、システム、情報リソースのインフラストラクチャー

[出典: ISO/IEC 23093-1:—, 3.2.9 (ISO/IEC JTC 1/SC 29)]

関連性

モノのインターネット (IoT) は、ネットワーク、ビッグデータ、デジタルツインからクラウドコンピューティング、AIに至るまで、他の ISO/IEC JTC 1 組織や他の SDOによって標準化されている多くの技術を使用するシステムコンセプトです。

IoTシステムは、ソフトウェアとデータを集中的に使用するだけでなく、ネットワーク中心です。それらは、単純なアーキテクチャから多層分散コンピューティングのサイバーフィジカルシステムに至るまで、非常に複雑になる可能性があります。IoTセンサーデータは、分析アプリケーションが、AIシステムをトレーニングし、デジタルツインを構築し同期させ、及びサイバーフィジカルシステムの実装に使用されます。

産業環境では、オペレーショナルテクノロジー (OT) と情報技術 (IT) の融合により、産業用モノのインターネットが生まれています。

したがって、IoTは、エンティティ (人間又は機械) が「リアルタイム」センサーデータと履歴データを使用して決定を下し、人間の介入又はアクチュエータを使用した機械同士のモードで直接行動することを可能にするため、スマートマニュファクチャリングの重要なイネーブラーです。

A.10 人工知能 (AI)

定義 1

人工知能: <設計されたシステム> システムが事前定義されたタスクの特定のセットに対して、予測、推奨、又は決定を計算できるように、モデルを構築、最適化、適用する一連のメソッド又は自動化されたエンティティ。

注釈1: AIシステムは、さまざまなレベルの自動化で動作するように設計されています。

注釈2: 予測は、さまざまな種類のデータ分析又は生成 (テキストの翻訳、合成画像の作成、又は過去の停電の診断を含む) を参照できます。前方性を意味するものではありません。

[出典: ISO/IEC 22989:—, 3.1.2 (ISO/IEC JTC 1/SC 42)]

定義 2

人工知能: <専門分野> 人工知能に関連する理論、メカニズム、開発、及びアプリケーションの研究 <設計されたシステム>

[出典: ISO/IEC 22989:—, 3.1.3 (ISO/IEC JTC 1/SC 42)]

関連性

このセクションでは、人工知能、ビッグデータ、及びこれらと分析に関するデータエコシステムに関連する水平的業務について説明します。この業務は ISO/IEC JTC 1/SC 42で開発されています。

人工知能は、洞察を生み出すべく大量のデータを計算する機能を提供するため、スマートマニュファクチャリングのイネーブラーです。例えば:

- AI技術は、効率、速度、及びまだ想定されていないアプリケーションの両方の点で、従来の分析システムが提供できるものをはるかに超える洞察と分析を可能にします。これは、分析システムが10年以上前のエンタープライズ及びコンシューマー・アプリケーションで「プラグアンドプレイ」アプローチに類似して設計されてきた方法からの根本的な脱却です。
- ビッグデータ技術は、データセットが特定のアプリケーションでどのように生成及び使用されるかについてコンピューティングシステムを設計することにより、大規模なデータセットに対して分析を合理化し、多くの場合実行できるようにします。これは、データの多様性、量、変動性などのデータの外観に関係なく、同じコンピューティングシステムをアプリケーションに適用することからの脱却です。

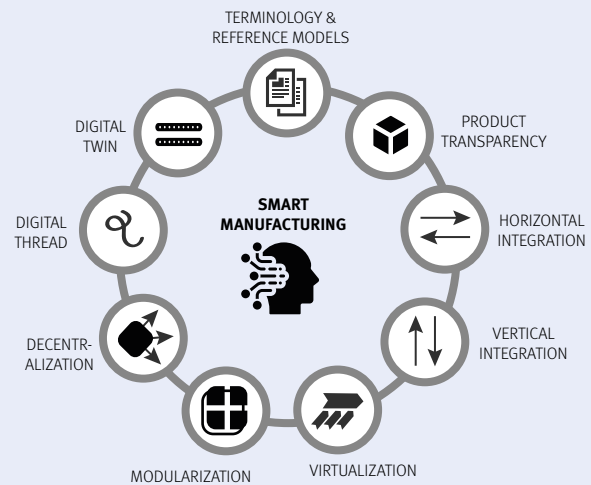
デジタルトランスフォーメーションの基礎となるサービスを有効にすることに加えて、ISO/IEC JTC 1/SC 42の業務は、それらの懸念事項、使用法、及びアプリケーションのいくつかに対処する上でさらに進んでいます。例えば:

- 機械学習と分析のデータ品質基準は、適用された技術が有用な洞察を生み出し、欠陥のある洞察を排除するために重要です。
- ビッグデータ分析のためのAI及びビジネスプロセスフレームワークの分野におけるガバナンス規格は、管理の観点から技術を統治及び管理する方法に対応しています。
- 信頼性、倫理、社会的懸念に対処する規格は、最初からそのような懸念に対処しながら、迅速な展開を保証します。

ISO/IEC JTC 1/SC 42は、マネジメントシステム規格を通じてスマートマニュファクチャリングなどの分野でAIなどの技術が使用される場合に、信頼性を確保するための新しいアプローチにも取り組んでいます。これらの技術と規格を組み合わせることで、スマートマニュファクチャリングアプリケーションが可能になります。これらの技術は、単独ではなく、新しいオペレーショナルテクノロジーやその他のITテクノロジーと一緒に運営されることに留意してください。

Annex B – Enhancers their definitions and relevance to smart manufacturing

Enhancers are vital in order to enhance the development from traditional manufacturing to smart manufacturing.



Below is a list of enhancers, their definitions and relevance to smart manufacturing.

Where there is no relevant ISO or IEC definition, a tentative definition was given.

B.1 Terminology and reference models

Definition 1

terminology: a new term is defined by a short description explaining its meaning

Note to entry: Many ISO working groups are defining terms that are of relevance for smart manufacturing. The work is coordinated by ISO SMCC. Similar work is done in IEC SyC SM WG2.

[SOURCE: SMCC definition]

Definition 2

reference model: a framework for understanding significant relationships among the entities of some environment, and for the development of consistent standards or specifications supporting that environment. A reference model is based on a small number of unifying concepts and may be used as a basis for education and explaining standards to a non-specialist.

[SOURCE: ISO 14721:2012, 1.7.2 (ISO/TC 20/SC 13)]

Relevance

A smart manufacturing system is a complex system of systems, where many collaborating, competing and possibly conflicting systems are connected in federated and/or integrated ways. The system development and maintenance activities are also complex and require appropriate standardized interfaces and harmonized business processes to reduce that complexity. Modelling provides systematic methods supporting the whole life cycle of system development, usage and retirement, allowing all the SM benefits while managing the complexity. A SMRM thus provides a framework for preparation of interoperability as well as guidance for architecture derivation and system design. To summarize, SMRM can be used by SM system developers and users to support the development process, and by SM standard developers to ensure coherence and compatibility in the developed body of standards.

Modeling is a very effective approach to systematize system development and operation activities by use of advanced information technology. A reference model provides insight into the aspects of a system to consider when developing a new system or modifying an existing system and provides mechanisms for conducting that development or modification. Reference models provide a common basis for the development of individual systems and enable their interpretation as a whole system

附属書 B – エンハンサーの定義及びスマートマニュファクチャリングとの関連性

エンハンサーは、従来のマニュファクチャリングからスマートマニュファクチャリングへの開発を強化するために不可欠です。



以下は、エンハンサー、その定義、及びスマートマニュファクチャリングとの関連性のリストです。関連するISO又はIECの定義がない場合は、暫定的な定義が与えられました。

B.1 用語及び参照モデル

定義 1

用語: 新しい用語は、その意味を説明する簡単な説明によって定義されます

注釈: 多くのISO作業グループは、スマートマニュファクチャリングに関連する用語を定義しています。作業はISO SMCCによって調整されます。同様の作業がIEC SyC SM WG2でも行われています。

[出典: SMCC定義]

定義 2

参照モデル: ある環境のエンティティ間の重要な関係を理解し、その環境をサポートする一貫した規格又は仕様。参照モデルは、少数の統一された概念に基づいており、教育の基礎として、及び非専門家に規格を説明するために使用できます。

[出典: ISO 14721:2012, 1.7.2 (ISO/TC 20/SC 13)]

関連性

スマートマニュファクチャリングシステムは、各種システムの中でも複雑なシステムであり、多くの協調的、競合的、及び場合によっては競合するシステムが、統合された方法で接続されています。システムの開発と保守の活動は複雑であり、その複雑さを軽減するために、適切な標準化されたインターフェースと調和のとれたビジネスプロセスが必要です。モデリングは、システム開発、使用、及び廃止のライフサイクル全体をサポートする体系的な方法を提供し、複雑さを管理しながらすべてのSM (Smart Manufacturing) の恩恵を可能にします。したがって、SMRM (Smart Manufacturing Reference Model) は、相互運用性を準備するためのフレームワークと、アーキテクチャの派生及びシステム設計のガイダンスを提供します。要約すると、SMRMは、SMシステム開発者とユーザーが開発プロセスをサポートするために使用でき、SM規格開発者は、開発された一連の規格の一貫性と互換性を確保するために使用できます。

モデリングは、高度な情報技術を使用してシステム開発と運用活動を体系化するための非常に効果的なアプローチです。参照モデルは、新しいシステムを開発するとき、又は既存のシステムを変更するときに考慮すべきシステムの側面への洞察を提供し、その開発又は変更を実行するためのメカニズムを提供します。参照モデルは、個々のシステムの開発に共通の基盤を提供し、個々のシステムの共通の特性を再利用することにより、システム全体としての解釈を可能にします。

by reuse of the common characteristics of the individual systems.

The intent of the meta-model is to provide a meta-language for representing concepts and relationships to be used by standards developers as they identify and document a SMRM. The meta-model specified here is an abstraction of the concepts and relationships evident in the contributions for SMRMs. Because the meta-model needs to be useful for discussing this wide range of models, the meta-model is rather abstract and imprecise, sometimes stretching our conventional word meaning to extend coverage for different situations.

Use cases are a critical approach to understanding the ways in which processes, information, resources, and organizations operate for successful manufacturing, today and in the future. In addition to capturing the utility of use cases, using guides similar to those created using IEC 62559, the meta-model utilizes concepts from ISO/IEC/IEEE 42010 and ISO 15704.

B.2 Product transparency

Definition missing.

B.3 Horizontal integration

Definition

horizontal integration: integration within a functional/organizational hierarchical level across system boundaries

[SOURCE: IEC/TR 63283-1:—(IEC/TC 65)]

B.4 Vertical integration

Definition missing.

B.5 Virtualization

Definition

virtualization: act of creating a virtual (rather than actual) version of something, including virtual computer hardware platforms, storage devices, and computer network resources

[SOURCE: www.wikipedia.uk]

B.6 Modularization

Definition missing.

Relevance

Modularization is a concept that originates in product strategy that seeks to maximize the investment made in product engineering. Leveraging the fundamental concept of subdivision, modularization relies on a modular design approach where components or elements are reusable across product offerings.

Modularization relies on reusable components that can be used in multiple scenarios. From a standards perspective, the standardization of the part geometry and the product information is critical. Two standards provide functionality to address the modularization use case. ISO 10303, Product data representation and exchange, defines a computer interpretable data schema for the product geometry and associated engineering requirements. ISO 13584, Parts library, defines the requirements for a reusable product library that can be used by modern computing systems to contain the product design content and supporting characteristics of a design intended for reuse.

B.7 Decentralization

Definition missing.

Relevance

IEC 61499 defines a generic architecture and presents guidelines for the use of function blocks in distributed industrial-process measurement and control systems (IPMCSS). This architecture is presented in terms of implementable reference models, textual syntax and graphical representations

B.8 Digital twin

Definition 1

digital twin: digital representation of a particular entity or process with data connections that (1) enable convergence between the physical and digital states at an appropriate rate of synchronization, (2) has the capabilities of connection, integration, analysis, simulation, visualization, optimization and (3) provides an integrated view throughout the lifecycle of the entity or the process

[SOURCE: ISO/IEC 30173:—, ISO/IEC JTC 1/SC 41]

メタモデルの目的は、規格開発者がSMRMを識別して文書化するとき使用する概念と関係を表すためのメタ言語を提供することです。ここで指定されているメタモデルは、SMRMの貢献で明らかな概念と関係の抽象化です。メタモデルは、この幅広いモデルを議論するのに役立つ必要があるため、メタモデルはかなり抽象的で不正確であり、さまざまな状況に対応するために従来の言葉の意味を拡張することがあります。

ユースケースは、現在及び将来の製造を成功させるためにプロセス、情報、リソース、及び組織がどのように機能するかを理解するための重要なアプローチです。メタモデルは、IEC 62559を使用して作成されたものと同様のガイドを使用して、ユースケースの有用性を把握することに加えて、ISO/IEC/IEEE 42010及びISO 15704の概念を利用します。

B.2 製品の透明性

定義はありません。

B.3 水平統合

定義

水平統合: システム境界を越えた機能/組織階層レベル内の統合

[出典: IEC/TR 63283-1:—(IEC/TC 65)]

B.4 垂直統合

定義はありません。

B.5 仮想化

定義

仮想化: 仮想コンピューターハードウェアプラットフォーム、ストレージデバイス、コンピューターネットワークリソースなど、何かの仮想(実際ではなく)バージョンを作成する行為

[出典: www.wikipedia.uk]

B.6 モジュール化

定義はありません。

関連性

モジュール化は、製品エンジニアリングへの投資を最大化しようとする製品戦略に端を発する概念です。サブディビジョンの基本概念を活用するモジュール化は、コンポーネント又は要素が製品の提供全体で再利用可能なモジュラー設計アプローチに依存しています。

モジュール化は、複数のシナリオで利用できる再利用可能なコンポーネントに依存しています。規格の観点からは、部品の形状と製品情報の標準化が重要です。2つの規格は、モジュール化のユースケースに対応する機能を提供します。ISO 10303「製品データの表現と交換」は、製品の形状と関連するエンジニアリング要件のためのコンピューターで解釈可能なデータスキーマを定義します。ISO 13584「部品ライブラリ」は、最新のコンピューティングシステムで使用できる再利用可能な製品ライブラリの要件を定義しており、製品の設計コンテンツと、再利用を目的とした設計のサポート特性を含むことができます。

B.7 分散化

定義はありません。

関連性

IEC 61499は、一般的なアーキテクチャを定義し、分散型産業プロセス測定及び制御システム(IPMCS)での機能ブロックの使用に関するガイドラインを示しています。このアーキテクチャは、実装可能な参照モデル、テキスト構文、及びグラフィック表現の観点から提示されます。

B.8 デジタルツイン

定義 1

デジタルツイン: データ接続を使用した特定のエンティティ又はプロセスのデジタル表現であり、(1)適切な同期速度で物理状態とデジタル状態の間の収束を可能にし、(2)接続、統合、分析、シミュレーション、視覚化、最適化、及び(3)エンティティ又はプロセスのライフサイクル全体にわたる統合ビューを提供します。

[出典: ISO/IEC 30173:—, ISO/IEC JTC 1/SC 41]

Definition 2

digital twin: *compound model composed of a physical asset, an avatar and an interface*

[SOURCE: ISO/TR 24464:2020, 3.1.4 (ISO/TC 184/SC 4)]

Definition 3

digital twin: *digital asset on which services can be performed that provide value to an organization*

Note 1 to entry: The descriptions comprising the digital twin can include properties of the described asset, IIOT collected data, simulated or real behavior patterns, processes that use it, software that operates on it, and other types of information.

Note 2 to entry: The services can include simulation, analytics such as diagnostics or prognostics, recording of provenance and service history.

[SOURCE: ISO/TS 18101-1:2019, 3.9 (ISO/TC 184/SC 4)]

Definition 4

digital twin: *⟨manufacturing⟩ fit for purpose digital representation of an observable manufacturing element with a means to enable convergence between the element and its digital representation at an appropriate rate of synchronization*

[SOURCE: ISO 23247-1:—, (ISO/TC 184/SC4/WG15)]

Definition 5

digital twin: *digital replica of physical assets (physical twin), processes and systems that can be used for various purposes*

[SOURCE: IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21]

Definition 6

digital twin: *fit for purpose digital representation of some realized thing(s) or process(es) with a means to enable convergence between the realized instance and digital instance at an appropriate rate of synchronisation*

[SOURCE: ISO/TC184/AG 2]

Relevance

Digital twin is a concept that will enhance the development and realization of smart manufacturing since, being based on measurements that create an evolving profile of the object or process in the digital world, it provides important insights on system performance, leading to actions in the physical world such as a change in product design or manufacturing process. It can thus also help optimize business performance.

According to consultancies Gartner and Deloitte, a digital twin is a digital representation of a real-world entity or system. It is an evolving digital profile of the historical and current behaviour of a physical object or process.

The implementation of a digital twin is an encapsulated software object or model that mirrors a unique physical object, process, organization, person or other abstraction. The digital twin is thus based on massive, cumulative, real-time, real-world data measurements across an array of dimensions.

Data from multiple digital twins can be aggregated for a composite view across a number of real-world entities, such as a building, a factory or a supply-chain.

Mirroring is done through synchronization using data streams. The data streams are generated by sensors, but also transactions and other sources.

B.9 Data quality

Definition 1

data quality: *degree to which a set of inherent characteristics of data fulfils requirements*

[SOURCE: ISO 8000-2:2020, 3.8.1 (TC 184/SC 4)]

Definition 2

data quality: *degree to which the characteristics of data satisfy stated and implied needs when used under specified conditions*

[SOURCE: ISO/IEC 25024:2015, 4.11 (ISO/IEC JTC 1/SC 7)]

Relevance

ISO 8000-1, *Data quality – Part 1: Overview*, provides a framework for data quality and lays out the requirements for a data quality system.

Note: ISO/IEC JTC 1/SC 42 is developing the ISO/IEC 5259 series on data quality for analytics and ML (machine learning).

定義 2

デジタルツイン: 物理的な資産、アバター、インターフェースで構成される複合モデル

[出典: ISO/TR 24464:2020, 3.1.4 (ISO/TC 184/SC 4)]

定義 3

デジタルツイン: 組織に価値を提供するサービスを実行できるデジタル資産

注釈1: デジタルツインを構成する記述には、記述された資産のプロパティ、IIOTで収集されたデータ、シミュレートされた又は実際の動作パターン、それを使用するプロセス、それを操作するソフトウェア、及びその他のタイプの情報を含めることができます。

注釈2: サービスには、シミュレーション、診断や予測などの分析、来歴及びサービス履歴の記録を含めることができます。

[出典: ISO/TS 18101-1:2019, 3.9 (ISO/TC 184/SC 4)]

定義 4

デジタルツイン: <マニファクチャリング> 目的に適合し、適切な同期速度で要素とそのデジタル表現の間の収束を可能にする手段を備えた、観察可能な製造要素のデジタル表現

[出典: ISO 23247-1:—, (ISO/TC 184/SC 4/WG 15)]

定義 5

デジタルツイン: さまざまな目的に使用できる物理的資産(物理的ツイン)、プロセス、及びシステムのデジタルレプリカ

[出典: IEC/TC 65 – ISO/TC 184 JWG 21]

定義 6

デジタルツイン: 適切な同期速度で実現されたインスタンスとデジタルインスタンスの間の収束を可能にする手段を備えた、いくつかの実現されたもの又はプロセスの目的のデジタル表現に適合するもの。

[出典: ISO/TC 184/AG 2]

関連性

デジタルツインは、デジタル世界のオブジェクト又はプロセスの進化するプロファイルを作成する測定に基づいており、システムパフォーマンスに関する重要な洞察を提供し、製品設計や製造工程の変更などの世界での物理的なアクションにつながるため、スマートマニファクチャリングの開発と実現を強化する概念です。したがって、ビジネスパフォーマンスの最適化にも役立ちます。

コンサルタント会社のGartnerとDeloitteによると、デジタルツインは、実世界のエンティティ又はシステムのデジタル表現であり、物理的なオブジェクト又はプロセスの過去及び現在の動作の進化するデジタルプロファイルです。

デジタルツインの実装は、カプセル化されたソフトウェアオブジェクト又はモデルであり、固有の物理オブジェクト、プロセス、組織、人、又はその他の抽象化を反映しています。したがって、デジタルツインは、一連のディメンションにわたる大規模な累積的なリアルタイムの実世界のデータ測定に基づいています。

複数のデジタルツインからのデータを集約して、建物、工場、サプライチェーンなどの実際のエンティティ全体の複合ビューにすることができます。

ミラーリングは、データストリームを使用した同期によって行われます。データストリームはセンサーによって生成されますが、トランザクションやその他のソースによっても生成されます。

B.9 データ品質

定義 1

データ品質: データの一連の固有の特性が要件を満たしている程度

[出典: ISO 8000-2:2020, 3.8.1 (TC 184/SC 4)]

定義 2

データ品質: 特定の条件下で使用された場合に、データの特性が明示的及び暗黙的なニーズを満たす程度

[出典: ISO/IEC 25024:2015, 4.11 (ISO/IEC JTC 1/SC 7)]

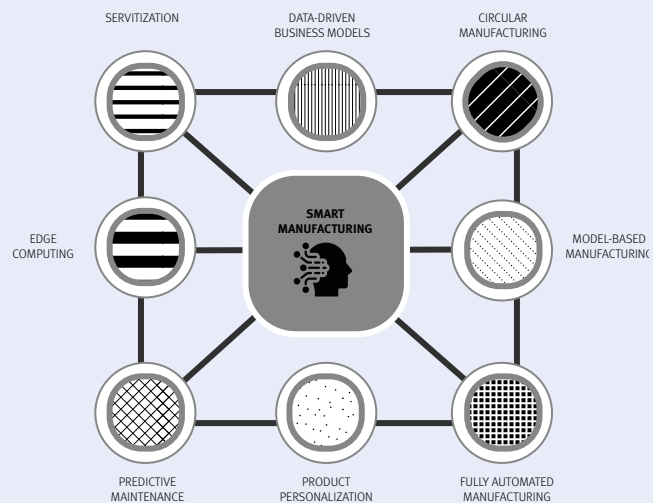
関連性

ISO 8000-1「データ品質 – 第1部: 概要」は、データ品質のフレームワークを提供し、データ品質システムの要件を示します。

注記: ISO/IEC JTC 1/SC 42は、分析とML(機械学習)のデータ品質に関するISO/IEC 5259シリーズを開発中です。

Annex C – Effects and their definitions

Effects indicate new disruptive scenarios that will form, gain acceptance and rule out current scenarios.



Below is a list of effects, their definitions and relevance to smart manufacturing.

Where there is no relevant ISO or IEC definition, a tentative definition was given.

Note 1 to entry: This is a value management approach which includes value creation, delivery, use, recovery, and reuse in a systemic perspective.

[SOURCE: SMCC working definition]

C.1 Data-driven business models

Definition

data-driven business models: business models that are developed based on data from the business

[SOURCE: SMCC working definition]

C.3 Model-based manufacturing

Definition 1

model-based manufacturing: the conveyance of product design data from the engineering domain to the manufacturing domain

[SOURCE: ISO 10303-238:2020 (ISO/TC 184/SC 4)]

Definition 2

model-based enterprise (MBE): a term used in manufacturing, to describe a strategy where an annotated digital three-dimensional (3D) model of a product serves as the authoritative information source for all activities in that product's lifecycle

[SOURCE: www.wikipedia.uk]

C.2 Circular manufacturing

Definition 1

circular manufacturing: possibility to take advantage of retired products and their collected lifecycle information, filter out the essence, and use feedback for improving the manufacturing processes as well as the product itself

[SOURCE: SMCC working definition]

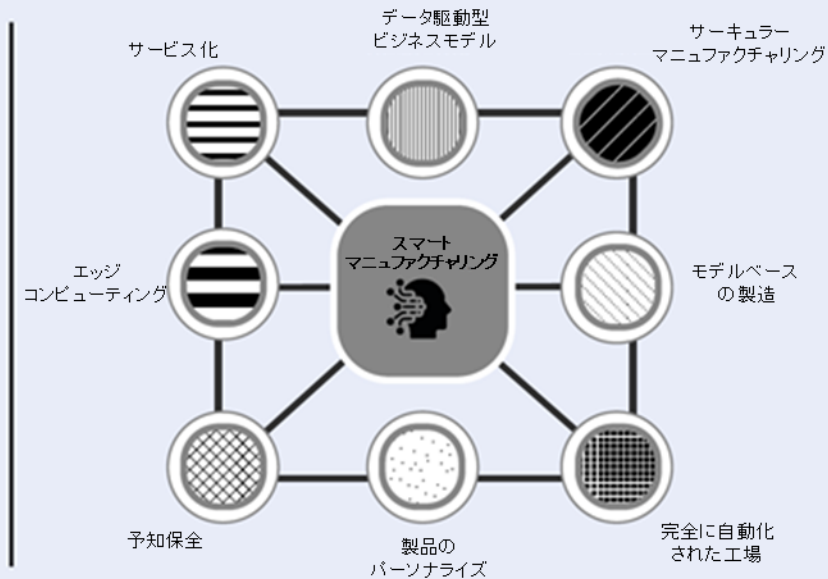
C.4 Fully automated factories

Definition

fully automated factories: extensive use of new technologies making the human worker obsolete, and thus allowing for factories where conditions such as light are of no importance

附属書 C – エフェクトとその定義

エフェクトは、現在のシナリオを形成し、受け入れ、除外し、そして、新しい破壊的なシナリオを示します。



以下は、エフェクト、その定義、及びスマートマニュファクチャリングとの関連性のリストです。
関連するISO又はIECの定義がない場合は、暫定的な定義が与えられました。

C.1 データ駆動型ビジネスモデル

定義

データ駆動型ビジネスモデル: ビジネスからのデータに基づいて開発されたビジネスモデル

[出典: SMCC作業定義]

C.2 サーキュラーマニュファクチャリング

定義 1

サーキュラーマニュファクチャリング: 廃棄された製品とその収集されたライフサイクル情報を活用し、根本的要素を除外し、フィードバックを使用して製造プロセスと製品自体を改善する可能性

[出典: SMCCの作業定義]

定義 2

サーキュラーマニュファクチャリング: 複数のライフサイクルを通じて、製品/コンポーネントのループを、望ましくは元の形式で閉じるために意図的に設計された製造システム

注釈1: これは、体系的な観点からの価値の創造、提供、使用、回復、及び再利用を含む価値管理アプローチです。

[出典: SMCC作業定義]

C.3 モデルベースの製造

定義 1

モデルベースの製造: エンジニアリングドメインから製造ドメインへの製品設計データの伝達

[出典: ISO 10303-238:2020 (ISO/TC 184/SC 4)]

定義 2

モデルベースエンタープライズ (MBE): 製造で 사용되는用語で、製品の注釈付きデジタル3次元 (3D) モデルが、その製品のライフサイクルにおけるすべてのアクティビティの信頼できる情報ソースとして機能する戦略を記述します。

[出典: www.wikipedia.uk]

C.4 完全に自動化された工場

定義

完全に自動化された工場: 新しい技術を広範に使用することで、人間の労働者を時代遅れにし、照明などの条件が重要でない工場を可能にします。

Note to entry: Fully automated factories can also be known as lights-out factories or dark factories.
[SOURCE: SMCC working definition]

C.5 Product personalization

Definition 1

product personalization: ability to make each individual product customized for a specific person
[SOURCE: SMCC working definition]

Definition 2

product personalization: ability to make the right product, for the right person, at the right time
[SOURCE: SMCC working definition]

C.6 Predictive maintenance

Definition 1

predictive maintenance: possibility to act prior to an unfavourable event, like failure
[SOURCE: SMCC working definition]

Definition 2

predictive maintenance: techniques, [which] are designed to help determine the condition of in-service equipment in order to estimate when maintenance should be performed
[SOURCE: www.wikipedia.uk]

Definition 3

condition-based maintenance: maintenance performed as governed by condition monitoring programmes
[SOURCE: ISO 13372:2012, 1.2 (ISO/TC 108)]

C.7 Edge computing

Definition 1

edge computing: distributed computing in which processing and storage takes place at or near the edge, where the nearness is defined by the system's requirements
[SOURCE: ISO/IEC TR 23188:2020, 3.1.3 (ISO/IEC JTC 1/SC 38)]

Definition 2

distributed computing: model of computing in which a set of nodes coordinates its activities by means of digital messages passed between the nodes
[ISO/IEC TR 23188:2020, 3.1.1 (ISO/IEC JTC 1/SC 38)]

Definition 3

edge computing: methods for optimizing computing systems by placing control in applications/services that directly contact the physical world, rather than in central nodes
[SOURCE: IEC 63339:— (IEC/TC 65 JWG 21)]

C.8 Servitization

Definition 1

servitization: manufacturing capability results from supplier-based integration of production systems and devices with value adding services often provided in real-time and based on analytics of measured data
[SOURCE: IEC 63339:— (IEC/TC 65 JWG 21)]

Definition 2

servitization: the act of selling the outcome of a product as a service rather than selling the product itself
[SOURCE: SMCC working definition]

注釈:完全に自動化された工場は、ライトアウトファクトリ又はダークファクトリとも呼ばれます。

[出典:SMCC作業定義]

C.5 製品のパーソナライズ

定義 1

製品のパーソナライズ:個々の製品を特定の人に合わせてカスタマイズする機能

[出典:SMCC作業定義]

定義 2

製品のパーソナライズ:適切な製品を適切な人のために適切なタイミングで作成する能力

[出典:SMCC作業定義]

C.6 予知保全

定義 1

予知保全:失敗などの望ましくない出来事の前に行動する可能性

[出典:SMCCの作業定義]

定義 2

予知保全:メンテナンスをいつ実行する必要があるかを推定するために、稼働中の機器の状態を判断するのに役立つように設計された手法

[出典:www.wikipedia.uk]

定義 3

状態ベースのメンテナンス:状態監視プログラムによって管理されるように実行されるメンテナンス

[出典:ISO 13372:2012, 1.2(ISO/TC 108)]

C.7 エッジコンピューティング

定義 1

エッジコンピューティング:処理とストレージがエッジ又はその近くで行われる分散コンピューティングであり、近さはシステムの要件によって定義されます。

[出典:ISO/IEC TR 23188:2020, 3.1.3(ISO/IEC JTC 1/SC 38)]

定義 2

分散コンピューティング:ノードのセットがノード間で渡されるデジタルメッセージによってそのアクティビティを調整するコンピューティングのモデル

[ISO/IEC TR 23188:2020, 3.1.1(ISO/IEC JTC 1/SC 38)]

定義 3

エッジコンピューティング:中央ノードではなく、物理的な世界に直接接触するアプリケーション/サービスに制御を配置することにより、コンピューティングシステムを最適化する方法

[出典:IEC 63339:—(IEC/TC 65 JWG 21)]

C.8 サービス化

定義 1

サービス化:製造能力は、多くの場合リアルタイムで、測定データの分析に基づいて提供される付加価値サービスを備えた生産システムとデバイスのサプライヤーベースの統合から生じます

[出典:IEC 63339:—(IEC/TC 65 JWG 21)]

定義 2

サービス化:製品自体を販売するのではなく、製品の結果をサービスとして販売する行為

[出典:SMCC作業定義]

Annex D – Standards development organizations

ISO, IEC and ITU are three separate standards development organizations, which cooperate under the banner of the World Standards Cooperation.

Every country in the world can participate in the standardization work of these organizations. This is normally done by setting up a national mirror committee which can a) provide input to the standards developed by ISO, IEC and ITU, and b) vote on the draft standards before they are published. This process ensures that the standards delivered by ISO, IEC and ITU are consensus driven and globally relevant.

The technical work in ISO and IEC is overseen by the Technical Management Board (TMB) and the Standardization Management Board (SMB), respectively. ISO has more than 250 technical committees, and IEC has more than 100. Each TC is dedicated to a certain area of expertise, e.g. ISO/TC 184 is Automation systems and

integration, IEC/TC 65 is Industrial-process measurement, control and automation. In order to take care of overlapping work in the field of Information Technology, IEC and ISO have a Joint Technical Committee (JTC1).

Technical committees may be broken down into subcommittees (SCs), and then further into working groups (WGs). Technical experts, appointed by national mirror committees and certain approved liaison organizations, participate in the development process in the WGs.

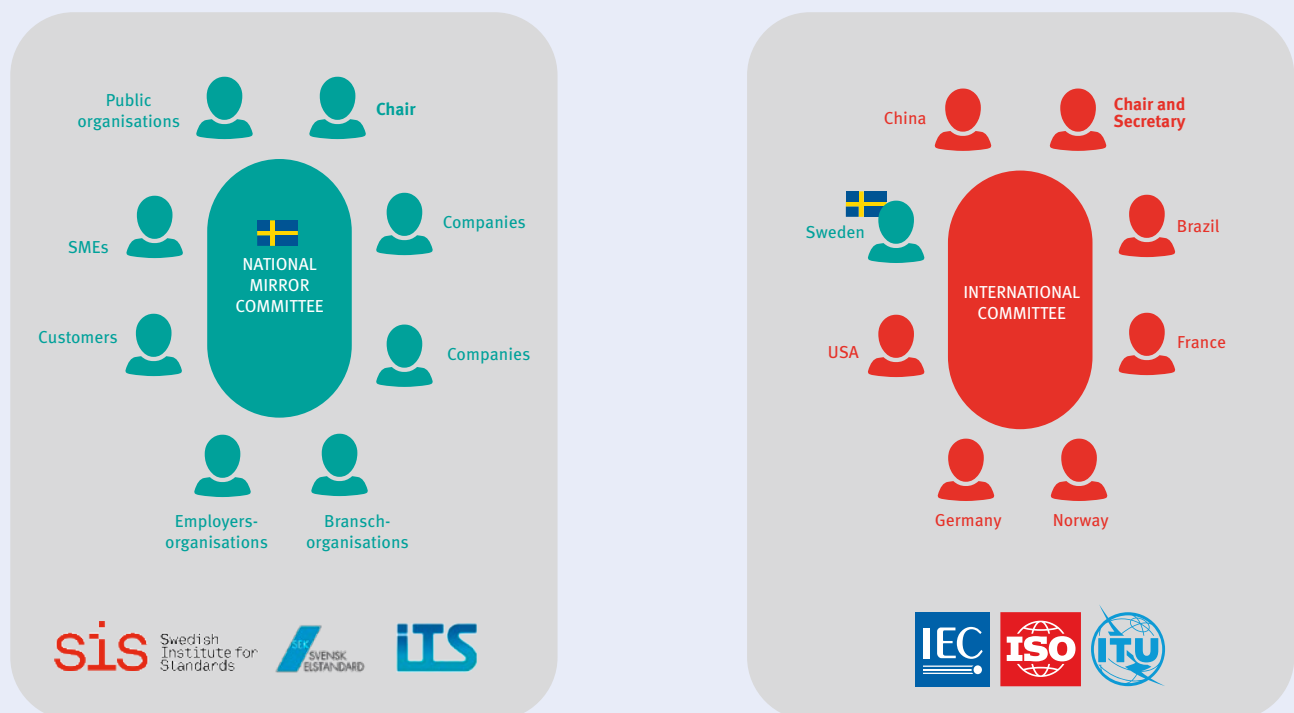


Figure 8: Typical composition of national mirror committees, exemplified by Sweden (left) and of international technical committees (right)

附属書 D – 規格開発組織

ISO, IEC, 及びITUは、世界標準協力の旗印の下で協力する3つの別個の規格開発組織です。

世界のすべての国がこれらの組織の標準化業務に参加できます。これは通常、a) ISO, IEC, 及びITUによって開発される規格への入力を提供し、b) 発行前に規格原案に投票できる国内対応委員会を設置することによって行われます。このプロセスにより、ISO, IEC, 及びITUによって提供される規格がコンセンサスに基づいており、国際的に市場性を有していることが保証されます。

ISOとIECの専門業務は、それぞれ技術管理評議会(TMB)と標準管理評議会(SMB)によって監督されています。ISOには250を超える専門委員会があり、IECには100を超える専門委員会があります。各TCは、特定の専門分野に専念しています。ISO/TC 184はオートメーションシステム及びインテグレーションであり、IEC/TC 65は工業用プロセス計測制御です。情報技術の分野で重複する業務に対処するために、IECとISOには合同専門委員会(JTC1)があります。

専門委員会は、分科委員会(SC)に分割され、さらに作業グループ(WG)に分割される場合があります。国内対応委員会と特定の承認されたりエゾン機関によって任命された専門的なエキスパートが、WGの開発プロセスに参加します。

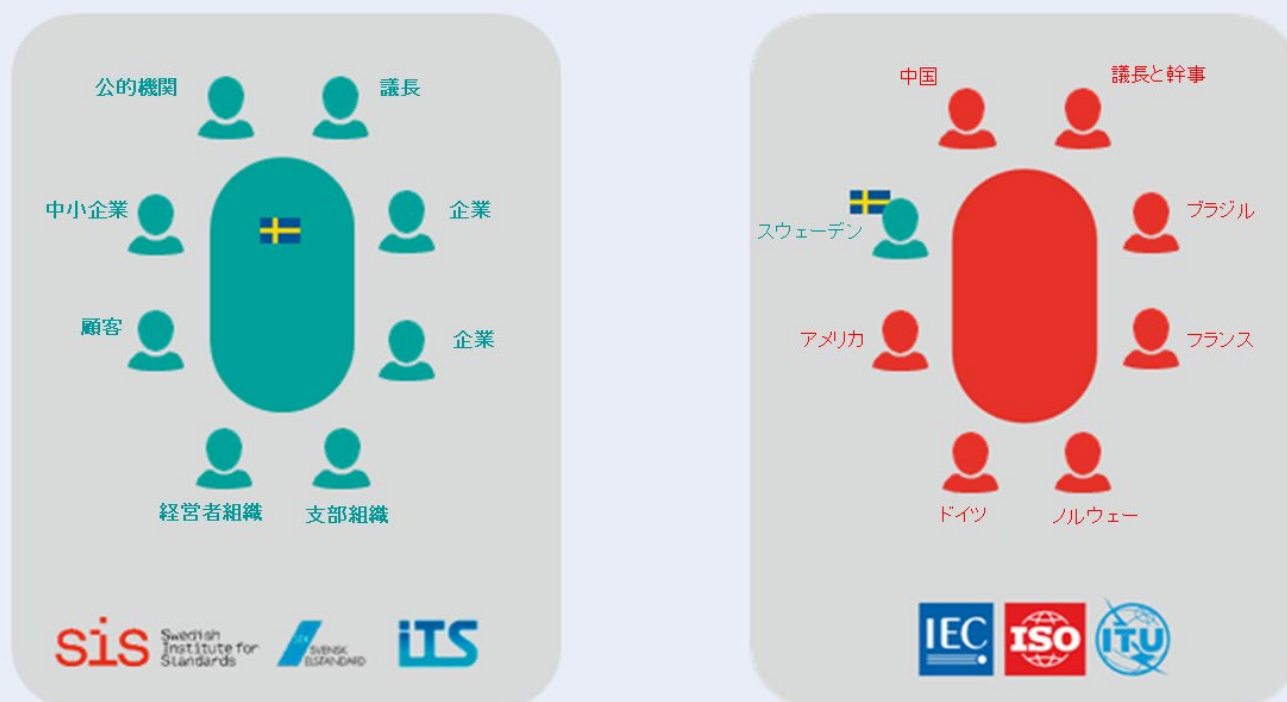


図8: スウェーデン(左)と国際専門委員会(右)によって例示される国内対応委員会の典型的な構成

Annex E – About the authors (listed in alphabetical order)

- 1. Coallier, François (Canada):** Chair of ISO/IEC JTC1/SC41 (Internet of Things and Digital Twin) as well as actively participating in many other JTC 1 and IEC entities. Dr Coallier is also full professor at the Department of Software and IT Engineering at the École de technologie supérieure (ÉTS) in Montréal, Québec, Canada.
- 2. Diab, Wael (USA):** Chair of ISO/IEC JTC1/SC42 (Artificial Intelligence). W. Diab is also a business and technology strategist.
- 3. Holbrook, Steve (USA):** Former Chair ISO/IEC JTC 1/SC 38 (Cloud computing and distributed platforms). S. Holbrook is also Program Director for International IT Standards at IBM.
- 4. Johnsson, Charlotta (Sweden):** Chair of ISO/TC 184/SC 5 (Interoperability, integration, and architectures for enterprise systems and automation applications). C. Johnsson is also professor at Department of Automatic Control, LTH, Lund University, Sweden.
- 5. Klasen, Wolfgang (Germany):** Convenor of ISO/TC 292/WG 4 (Integrity, authenticity and trust for product and documents) and active within various security-related global standardization activities. W. Klasen is a member of the German platform Industry 4.0 and holds a position as Head of Research Group at Siemens AG.
- 6. Lee, Myeong Won (Korea):** Chair of ISO/IEC JTC 1/SC 24 (Computer graphics, image processing and environmental data representation). M. Lee is also professor at Faculty of Computer Science, University of Suwon, Korea.
- 7. Lindqvist, Richard P. (Sweden):** Chair of ISO/TC 10 (Technical product documentation) and convenor of ISO/TC 10/SC6/WG21 (Classification of technical requirements). R. Lindqvist is also a technical fellow in production engineering metrology at Saab Aeronautics.
- 8. Mellander, Roger (Sweden):** Member of ISO/TC 299 (Robotics). R. Mellander is also global system architect at ABB Robotics.
- 9. Preusse, Christoph (Germany):** Former Chair of ISO/TC 199 (Safety of machinery), convenor of ISO/TC 199/WG 3 (Integrated manufacturing systems) and active within various safety related global standardization activities on safety of machinery. C. Preusse is expert and safety-inspector at the German statutory working insurance BGHM.
- 10. Swope, Kenneth (USA):** Chair of ISO/TC 184/SC 4 (Industrial data) and Convenor of ISO/TC 184 AG 2 (Digital Twin). K. Swope is also a Senior Manager of Engineering Integration in Engineering, Test and Technology at The Boeing Company.
- 11. Wennblom, Philip (USA):** Chair ISO/IEC JTC1 (Information Technology). P. Wennblom is also Senior Director for Standards Policy at Intel Corporation.

附属書 E – 著者について (アルファベット順に記載)

1. **Coallier, François** (カナダ) : ISO/IEC JTC 1/SC 41 (モノのインターネット・オブ・シングスと関連技術)の議長であり、他の多くのJTC 1及びIECエンティティに積極的に参加しています。Coallier博士は、カナダのケベック州モントリオールにあるÉcole de technologie supérieure (ÉTS)のソフトウェア及びITエンジニアリング部門の准教授でもあります。
2. **Diab, Wael** (アメリカ) : ISO/IEC JTC 1/SC 42 (人工知能)の議長。W. Diabは、ビジネス及びテクノロジーのストラテジストでもあります。
3. **Holbrook, Steve** (アメリカ) : 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)の元議長。S. Holbrookは、IBMの国際IT規格のプログラムディレクターでもあります。
4. **Johnsson, Charlotta** (スウェーデン) : ISO/TC 184/SC 5 (オートメーション及びインテグレーション/アーキテクチャ、通信とフレームワーク)の議長。C. Johnssonは、スウェーデンのルンド大学LTH自動制御学部教授でもあります。
5. **Klasen, Wolfgang** (ドイツ) : ISO/TC 292/WG 4 (製品とドキュメントの整合性、信憑性、信頼性)のコンビーナであり、さまざまなセキュリティ関連のグローバル標準化活動に積極的に取り組んでいます。W. Klasenは、ドイツのプラットフォームであるインダストリー4.0のメンバーであり、Siemens AGの研究グループの責任者を務めています。
6. **Lee, Myeong Won** (韓国) : ISO/IEC JTC 1/SC 24 (コンピュータグラフィックス、画像処理及び環境データ表現)の議長。M. Leeは、韓国の水原大学のコンピュータサイエンス学部の教授でもあります。
7. **Lindqvist, Richard P.** (スウェーデン) : ISO/TC 10 (製品技術文書情報)の議長及びISO/TC 10/SC 6/WG 21 (技術要件の分類)のコンビーナ。R. Lindqvistは、Saab Aeronauticsの生産工学計測学の技術フェローでもあります。
8. **Mellander, Roger** (スウェーデン) : ISO/TC 299 (ロボティクス)のメンバー。R. Mellanderは、ABB Roboticsのグローバルシステムアーキテクトでもあります。
9. **Preusse, Christoph** (ドイツ) : ISO/TC 199 (機械類の安全性)の元議長、ISO/TC 199/WG 3 (統合製造システム)のコンビーナであり、機械の安全性に関するさまざまな安全関連のグローバル標準化活動で活躍しています。C. Preusseは、ドイツの法定労働保険BGHMの専門家及び安全検査官です。
10. **Swope, Kenneth** (アメリカ) : ISO/TC 184/SC 4 (産業データ)の議長及びISO/TC 184/AG 2 (デジタルツイン)のコンビーナ。K. Swopeは、ボーイング社のエンジニアリング、テスト、テクノロジーにおけるエンジニアリング統合のシニアマネジャーでもあります。
11. **Wennblom, Philip** (アメリカ) : ISO/TC 184/SC 4 (産業データ)の議長及びISO/TC 184/AG 2 (デジタルツイン)のコンビーナ。K. Swopeは、ボーイング社のエンジニアリング、テスト、テクノロジーにおけるエンジニアリング統合のシニアマネジャーでもあります。

References

1. **ISO/TR 4804**, *Road vehicles — Safety and cyber-security for automated driving systems — Design, verification and validation*
2. **ISO/IEC 5259**, *Data quality for analytics and ML*¹⁾
3. **ISO 8000-1**, *Data quality — Part 1: Overview*
4. **ISO 8000-2**, *Data quality — Part 2: Vocabulary*
5. **ISO 8373**, *Robotics — Vocabulary*
6. **ISO 10303-1**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 1: Overview and fundamental principles*
7. **ISO 10303-209**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 209: Application protocol: Multidisciplinary analysis and design*
8. **ISO 10303-233**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 233: Application protocol: Systems engineering*
9. **ISO 10303-238**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 238: Application protocol: Model based integrated manufacturing*
10. **ISO 10303-239**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 239: Application protocol: Product life cycle support*
11. **ISO 10303-242**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 242: Application protocol: Managed model-based 3D engineering*
12. **ISO 10303-243**, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 243: Application protocol: For modelling and simulation information in a collaborative systems engineering context (MoSSEC)*²⁾
13. **ISO 13372**, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary*
14. **ISO 14721**, *Space data and information transfer systems — Open archival information system (OAIS) — Reference model*
15. **ISO 15704**, *Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies*
16. **ISO/IEC 17788**, *Information technology — Cloud computing — Overview and vocabulary*
17. **ISO/IEC 18038**, *Information technology — Computer graphics, image processing and environmental representation — Sensor representation in mixed and augmented reality*
18. **ISO/TS 18101-1**, *Automation systems and integration — Oil and gas interoperability — Part 1: Overview and fundamental principles*
19. **ISO 22300**, *Security and resilience — Vocabulary*
20. **ISO 22739**, *Blockchain and distributed ledger technologies — Vocabulary*
21. **ISO/IEC 22989**, *Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology*³⁾
22. **ISO/IEC 23093-1**, *Information technology — Internet of media things — Part 1: Architecture*⁴⁾
23. **ISO/IEC TR 23188**, *Information technology — Cloud computing — Edge computing landscape*
24. **ISO 23247-1**, *Automation systems and integration — Digital Twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles*⁵⁾
25. **ISO/TR 24464**, *Automation systems and integration — Industrial data — Visualization elements of digital twins*
26. **ISO/IEC 25024**, *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Measurement of data quality*
27. **ISO/IEC 27000**, *Information technology — Security techniques — Information security management systems — Overview and vocabulary*

1) Under development.

2) To be published.

3) To be published.

4) To be published.

5) To be published.

参考文献

1. ISO/TR 4804, 道路車両 — 自動運転システムの安全性とサイバーセキュリティ — 設計, 検証, 妥当性確認
2. ISO/IEC 5259, 解析及び機械学習のためのデータ品質
3. ISO 8000-1, データ品質 — 第1部:概要
4. ISO 8000-2, データ品質 — 第2部:用語
5. ISO 8373, ロボット — 用語
6. ISO 10303-1, 産業オートメーションシステムと統合 — 製品データの表現と交換 — 第1部:概要と基本原則
7. ISO 10303-209, 産業オートメーションシステム及び統合 — 製品データの表現及び交換 — 第209部:応用プロトコル:複合及び金属構造分析及び関連設計
8. ISO 10303-233, 産業オートメーションシステム及びその統合 — 製品データの表現及び交換 — 第233部:アプリケーションプロトコル:システム工学
9. ISO 10303-238, 産業オートメーションシステム及びその統合 — 製品データの表現及び交換 — 第238部:アプリケーションプロトコル:モデルベースの統合製造
10. ISO 10303-239, 産業オートメーションシステム及びその統合 — 製品データの表現及び交換 — 第239部:アプリケーションプロトコル:製品ライフサイクルサポート
11. ISO 10303-242, 産業オートメーションシステム及びその統合 — 製品データの表現及び交換 — 第242部:アプリケーションプロトコル:管理モデルベースの3D工学
12. ISO 10303-243, 産業オートメーションシステム及び統合 — 製品データ表記及び交換 — 第243部:アプリケーションプロトコル:コラボレーティブシステムエンジニアリングコンテキスト (MoSSEC)でのモデリング及びシミュレーション情報用
13. ISO 13372, 機械の状態監視及び診断 — 用語
14. ISO 14721, 宇宙データ及び情報転送システム — オープンアーカイバル情報システム(OAIS) — 標準モデル
15. ISO 15704, 企業モデリング及びアーキテクチャ — 企業参照アーキテクチャ及び方法論に関する要求事項
16. ISO/IEC 17788, 情報技術 — クラウドコンピューティング — 概要及び用語
17. ISO/IEC 18038, 情報技術 — コンピュータグラフィックス, 画像処理及び環境表示 — 混合及び拡張されたセンサー表現
18. ISO/TS 18101-1, オートメーションシステム及びその統合 — オイル及びガスの相互運用性 — 第1部:概要及び基本原理
19. ISO 22300, セキュリティ及びレジリエンス — 用語
20. ISO 22739, ブロックチェーンと分散型台帳技術 — 用語
21. ISO/IEC 22989, 情報技術 — 人工知能 — 人工知能の概念及び用語
22. ISO/IEC 23093-1, 情報技術 — メディアのインターネット — 第1部:アーキテクチャ
23. ISO/IEC TR 23188, 情報技術 — クラウドコンピューティング — エッジコンピューティングランドスケープ
24. ISO 23247-1, 自動化システムと統合 — 製造のためのデジタルツインフレームワーク — 第1部:概要と一般原則
25. ISO/TR 24464, 自動化システムと統合 — 産業データデジタルツインの視覚化要素
26. ISO/IEC 25024, システム及びソフトウェア工学 — システム及びソフトウェア品質要求事項及び評価 (SQuaRE) — データ品質の測定
27. ISO/IEC 27000, 情報技術 — セキュリティ技術 — 情報セキュリティマネジメントシステム — 概要及び用語

1) 開発中
2) 発行予定

3) 発行予定
4) 発行予定
5) 発行予定

- 28. ISO/IEC 27032**, *Information Technology — Cybersecurity — Guidelines for Internet Security*
- 29. ISO/IEC 30173**, *Digital twin – Concepts and terminology*⁶⁾
- 30. ISO/IEC/IEEE 42010**, *Software, systems and enterprise — Architecture description*
- 31. ISO/ASTM 52900**, *Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary*
- 32. IEC 62559**, *Use case methodology*
- 33. IEC/TR 63283-1**, *Industrial-process measurement, control and automation – Smart Manufacturing – Part 1: Terms and definitions*⁷⁾
- 34. ISO/IEC TR 63306-1**, *Smart manufacturing standards map (SM2) — Part 1: Framework*
- 35. ISO/IEC TR 63306-2**, *Smart manufacturing standards map (SM2) — Part 2: Catalogue*⁸⁾
- 36. IEC 63339**, *Unified reference model for smart manufacturing*⁹⁾
- 37. DoD 5000.61:2009-12-09**, *Modeling and Simulation (M&S) Verification, Validation, and Accreditation*
- 38.** Digital Thread for Smart Manufacturing, NIST Systems Engineering Group at <https://www.nist.gov/programs-projects/digital-thread-smart-manufacturing>
- 39.** OpenLearn (2019): Free course “Organisations, environmental management and Innovation”, <https://www.open.edu/openlearn/nature-environment/organisations-environmental-management-and-innovation/content-section-1.7>
- 40.** AnalyticsExplained (2013): Article in press <https://analyticsexplained.com/the-s-curve-pattern-of-innovation-a-full-analysis/>
- 41.** Moore (xxxx): https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law
- 42.** IT/OT convergence: <https://www.cigref.fr/wp/wp-content/uploads/2020/02/Cigref-IT-OT-Convergence-Fruitful-integration-information-operational-systems-December-2019-EN.pdf>
- 43.** Additive Manufacturing: ISO/ASTM 52900
- 44.** DIN and DKE ROADMAP German Standardization Roadmap Industrie 4.0, V.4: <https://www.din.de/en/innovation-and-research/industry-4-0/german-standardization-roadmap-on-industry-4-0-77392>
- 45.** Strategic Advisory Group on Industry 4.0/smart manufacturing – Final report to TMB, Annex C, 2019
- 46.** <https://etech.iec.ch/issue/2019-06/ai-standards-help-accelerate-digitalization-of-smart-manufacturing>
- 47.** <https://blog.iec.ch/2020/01/important-questions-around-ai-technologies-in-smart-manufacturing/>

6) To be published.

7) Under development.

8) To be published.

9) Under development.

28. ISO/IEC 27032, 情報技術 — セキュリティ技術 — サイバーセキュリティの指針
29. ISO/IEC 30173, デジタルツイン — 概念及び用語
30. ISO/IEC/IEEE 42010, システム及びソフトウェア工学 — アーキテクチャ記述
31. ISO/ASTM 52900, 積層造形 — 一般原理 — 基礎と用語
32. IEC 62559, ユースケース方法論
33. IEC/TR 63283-1, 産業プロセス計測, 制御及び自動化 — スマート製造 — 第1部:用語及び定義
34. ISO/IEC TR 63306-1, スマート製造基準マップ (SM2) — 第1部:フレームワーク
35. ISO/IEC TR 63306-2, スマート製造基準マップ (SM2) — 第2部:カタログ
36. IEC 63339, スマート製造のための統一参照モデル
37. DoD 5000.61:2009-12-09, モデリングとシミュレーション (M&S) の検証, 妥当性確認, 及び認定
38. スマートマニュファクチャリングのためのデジタルスレッド, NISTシステムエンジニアリンググループ <https://www.nist.gov/programs-projects/digital-thread-smart-manufacturing>
39. OpenLearn (2019) : 無料コース「組織, 環境管理及びイノベーション」, <https://www.open.edu/openlearn/nature-environment/organisations-environmental-management-and-innovation/content-section-1.7>
40. AnalyticsExplained (2013): 新聞記事 <https://analyticsexplained.com/the-s-curve-pattern-of-innovation-a-full-analysis/>
41. Moore (xxxx): [https://en.wikipedia.org/wiki/Moore %27s_law](https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law)
42. IT/OTコンバージェンス: <https://www.cigref.fr/wp-content/uploads/2020/02/Cigref-IT-OT-Convergence-Fruitful-integration-information-operational-systems-December-2019-EN.pdf>
43. 積層造形: ISO/ASTM 52900
44. DINとDKEのロードマップ ドイツ標準化ロードマップ インダストリー 4.0, V.4: <https://www.din.de/en/innovation-and-research/industry-4-0/german-standardization-roadmap-on-industry-4-0-77392>
45. インダストリー4.0/スマートマニュファクチャリングに関する戦略諮問グループ — TMBへの最終報告書, 附属書C, 2019
46. <https://etech.iec.ch/issue/2019-06/ai-standards-help-accelerate-digitalization-of-smart-manufacturing>
47. <https://blog.iec.ch/2020/01/important-questions-around-ai-technologies-in-smart-manufacturing/>

6) 発行予定

7) 開発中

8) 発行予定

9) 開発中

About **ISO**

ISO (International Organization for Standardization) is an independent, non-governmental international organization with a membership of 165* national standards bodies. Through its members, it brings together experts to share knowledge and develop voluntary, consensus-based, market-relevant International Standards that support innovation and provide solutions to global challenges.

ISO has published more than 23 500* International Standards and related documents covering almost every industry, from technology to food safety, to agriculture and healthcare.

For more information, please visit www.iso.org

*September 2021

International Organization for Standardization

ISO Central Secretariat
Chemin de Blandonnet 8
Case Postale 401
CH – 1214 Vernier, Geneva
Switzerland

iso.org

© ISO, 2021
All rights reserved
ISBN 978-92-67-11239-8



ISOについて

ISO(国際標準化機構)は、165 *の国家規格団体の会員からなる独立した非政府の国際組織です。会員を通じて、エキスパートを集めて知識を共有し、イノベーションをサポートし、グローバルな課題に対するソリューションを提供する、自主的でコンセンサスベースの市場適合性を有する国際規格を開発します。

ISOは、技術から食品安全、農業、ヘルスケアに至るまで、ほぼすべての産業分野をカバーする23 500 *以上の国際規格及び関連文書を発行しています。

詳細については、www.iso.orgをご覧ください。

*2021年9月現在

International Organization for Standardization

国際標準化機構

ISO Central Secretariat
中央事務局

Chemin de Blandonnet 8
Case Postale 401
CH – 1214 Vernier, Geneva
Switzerland

iso.org

© ISO/JSA, 2022
All rights reserved
ISBN 978-92-67-11239-8

