

次世代の製造システム アーキテクチャ

フレキシビリティ、スケーラビリティ、
インテリジェンス

データドリブンのアダプティブオペレーションへの変革を加速するために、
メーカーはいかにして製造システムを進化させるのか。

はじめに

インダストリー4.0のコンセプトが提唱されてから約10年の時間が経過する中で、多くのメーカーのリーダーたちは、このコンセプトがもたらす価値についての理解を深めてきました。

アクセンチュアの調査¹によれば、すでに世界では多くのパイロットプロジェクトが始動しており、各企業はデータを活用した高度なアナリティクスによってオペレーションの改善を図ることで、どのような価値を創出できるかを見極めようとしています。その中には、適応性と順応性に優れた「アダプティブオペレーション」の実現に向けたロードマップを策定することで、極めて高度な取り組みに着手しているメーカーもあります（次ページの図1を参照）。

しかしながら、既存の製造システムのアーキテクチャや新興テクノロジーでそうしたロードマップに対応できるのか、またユースケースの大規模な展開は可能なのかといった点は、現時点においては未知数です。

1. https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-139/Accenture-The-Race-for-Digital-Operations-Transformation.pdf



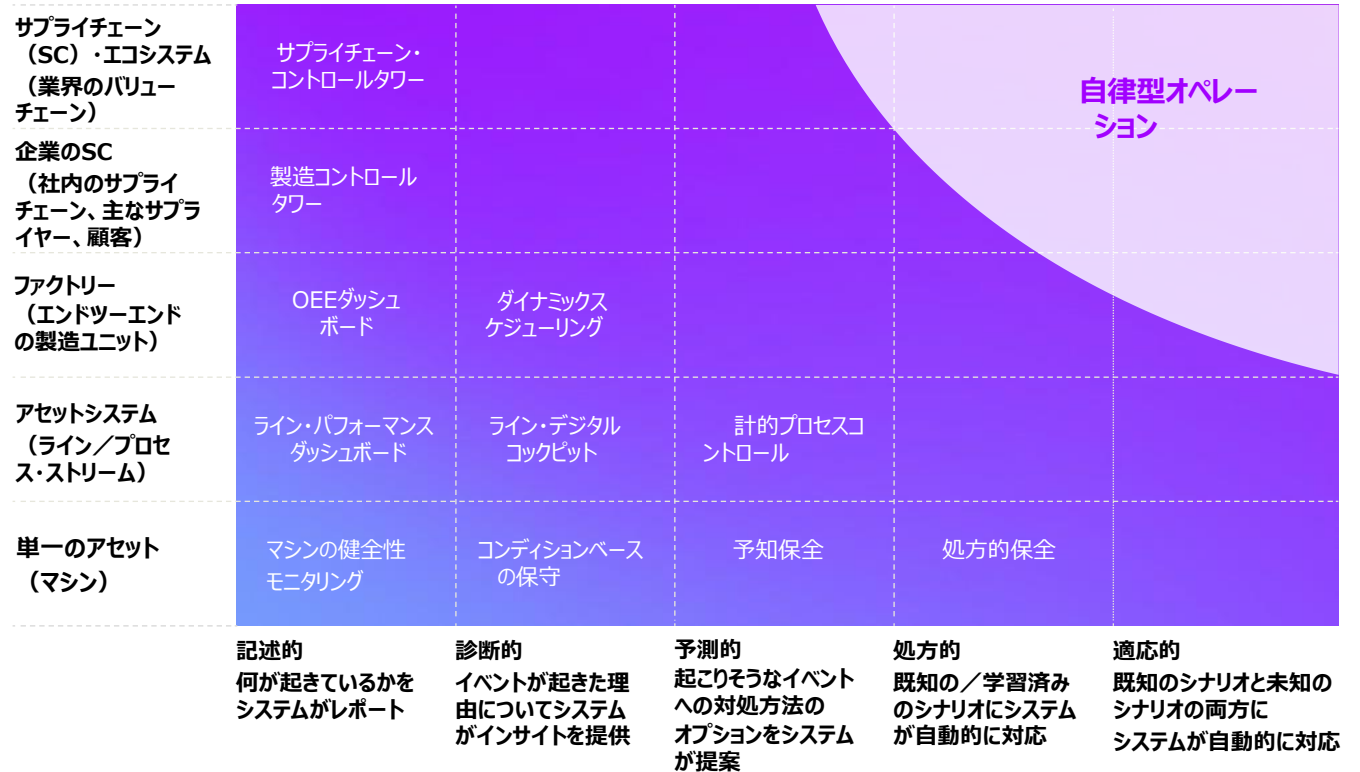
予知保全や目視ベースのインライン検査といったユースケースについては、一定の成果が生まれつつあります。ジャンルが特化したスタートアップから大手のソフトウェアベンダーに至るまで、すでに多くのソフトウェアプロバイダーがこうしたユースケースに対応したニッチなソリューションを提供するようになってきました。

しかし、エンドツーエンドのアダプティブオペレーションの迅速な実現など、さらなる進化を目指すメーカーは、次のような共通の課題に直面しています。

1. 伝統的な製造アーキテクチャはサイロ化されており、最も高い価値を生み出すユースケースには対応できない。そうしたユースケースでは多くの場合、複数のアセットやライン、保守や品質管理といった複数の機能をカバーする必要がある。
2. アダプティブオペレーションで用いられるソリューションは膨大なデータを必要とするが、既存のアーキテクチャのスペックではそのようなデータ量に対応できない。

メーカーは、高い価値を生み出す一方で極めて複雑なユースケースに取り組む中で、従来のITアーキテクチャの限界を突き付けられています。既存のITアーキテクチャは多くの場合、オペレーション／製造実行システム（MES）、品質／ラボラトリー情報管理システム（LIMS）、保守／設備資産管理（EAM）といったように、機能別にサイロ化されているからです。

図1：データと人工知能（AI）の適切な活用により、メーカーはエンドツーエンドのアダプティブオペレーションを実現できる



■ 現在のケイパビリティ*

■ 新たに身につけたいケイパビリティ*

*北米の多数の消費財メーカーの成熟度合いに基づいた例



こうした制約を克服するために、すべての製造データを単一のレポジトリに保存するための手法として、メーカーのCIOがデータレイクへの投資を選択するケースも見られるようになってきました。すべてのデータを一元管理する手法は、依然として個別のサイロやスプレッドシートでデータを管理するのが一般的なアプローチである現在において、大きな前進と言えます。ただし、この手法ではオペレーションをエンドツーエンドで最適化するために必要な、構造化された情報やツールをエンジニアやオペレーターに提供することはできません。

データレイクなどを使った手法にこうした欠点や短所があることも、デジタルツインがますます多くのメーカーから注目されている理由の1つです。デジタルツインには、複数のソースからデータを収集・統合し、コンテキスト化する中核的な機能が備わっています。これによりアプリケーションの「ワンストップショップ」が構築され、多様なユースケースにコンテキスト化されたデータレポジトリを活用することが可能になります。

つまり、デジタルツインのユーザーは従来のようなサイロ内の履歴データに基づくレポートに頼ることなく、コンテキスト化されたすべてのデータをまとめて、シミュレーションや予測的/適応型インテリジェンスといったユースケースを大規模に展開することができるのです。

デジタルツインの可能性を追求する メーカー各社から多く寄せられる質問 として、以下の3つがあります。

- 1 **なぜ、デジタルツインはゲームチェンジャーと言われるのか。MESを中核とする従来のオペレーションのアーキテクチャにはない、どのような付加価値をもたらしてくれるのか。**
- 2 **既存のソリューションを置き換えることなく、デジタルツインを活用して、より小さなコストで、より迅速に価値を創出することは可能なのか。**
- 3 **MESベンダーと、大手のクラウドプラットフォーム/IoTプレイヤーの位置付けの違いはどこにあるのか？**

本書の目的は、これらの疑問に答えしていくことにあります。メーカーは既存の製造システムを使い続けながら、どのようにして現在と同じ価値をシステムから引き出していくことができるのか。また、なぜそうすべきなのかについて掘り下げていきます。さらに、デジタルツインが既存のシステムをどのように支援できるかについても、製造データを使った価値創出の最大化からアダプティブオペレーションの実現に至るまで、その全容を明らかにします。



1. なぜ、デジタルツインはゲームチェンジャーと言われるのか

データとナレッジの違いは、コンテキストの有無にある。

たとえば、温度センサーが23℃を示しているにもかかわらず、コンテキストが不明のままでは何の意味もありません。そのセンサーが押し出し成形ライン用だったとして、どのようなレシピに基づいて、どのようなタイプの製品または別バージョンの製品を作っているのか、ラインの効率性を示す履歴データや品質の履歴データはどうなっているのか、といったコンテキストが必要です。

SCADA（監視制御・データ取得）／MESソリューションのように実証済みの制御システムなら、こうした情報をすべて保有しており、センサーデータが定義された閾値を外れた場合にアラームやアラートを表示するように設定できます。これらのシステムが管理しているデータを踏まえれば、SCADAやMESといったソリューションは、1つのデジタルツインと見なすこともできます。ただし、ライン上での製造イベントに対処できるようにソリューションを進化させるには、エンジニア（もしくは新たなアルゴリズム）がラインの保守履歴や製造中の製品バージョンといった追加的なコンテキストも理解できなければなりません。また、保守に関する最も重要な情報が、構造化されていないレポートや画像に含まれている可能性もあります。

従来のサイロ化された製造システムアーキテクチャ、またそれらの部分的な統合だけでは、このように異なる情報を網羅したコンテキストを提供することはできません。これに対して、フレキシビリティとスケーラビリティに優れたデジタルツインは、必要なすべての情報を取得し、相互の関係をマッピングすることができます。

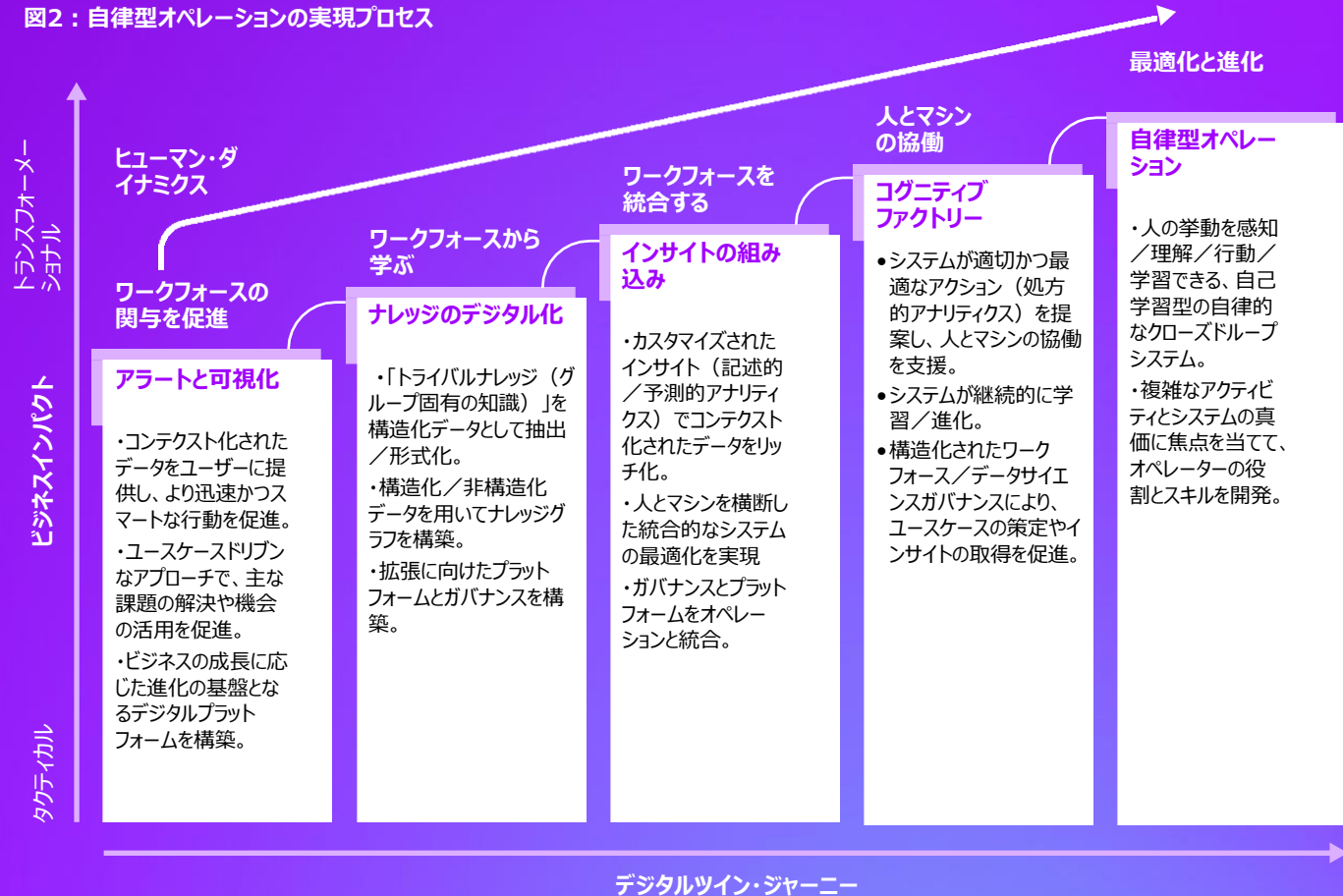
さらに、デジタルツインは漸進学習と暗黙知の取得を可能にし、差別化につながる重要なメリットももたらします。**すべてのエンジニアやオペレーターが理解できる形で情報を保存し、構造化できるのです。**つまり、エンジニアやオペレーターは毎回データアナリストに頼ることなく自らデータを分析できるようになり、温度センサーのような日常的なトラブルに対処するための簡素なアプリケーションを開発することができます。デジタルツインと最新のローコード／ノーコード（LCNC）ツールを併用することで、メーカーはプロセスとデータエンジニアが協働し、オペレーションを最適化する新たな方法を策定するための安全な環境を提供できます。

それだけではありません。デジタルツインは、アセットやライン、工場の設定データや挙動データを取得して、さらに階層内のすべてのレベルに最適化ロジックを組み込むこともできます。



暗黙知の漸進的な形式化とリアルタイムのイベントベースのパフォーマンス管理を通じて、デジタルツインは自律型オペレーションの実現プロセスをサポートします。

図2：自律型オペレーションの実現プロセス





2. 既存のソリューションとデジタルツインの統合は、投資利益の最大化につながるか

答えは「イエス」です。包括的かつ統合的な製造アーキテクチャは、 今後もさまざまな業界で製造オペレーションの基盤として活用する ことができます。

たとえば、MESはエンタープライズシステムと現場のシステムをまとめるオーケストレーターとして、また重要なリンクツールとして維持するべきです。包括的かつ統合的な製造アーキテクチャが提供するリッチな構造化データがあれば、メーカーは自律型オペレーションの実現プロセスを加速することができます。

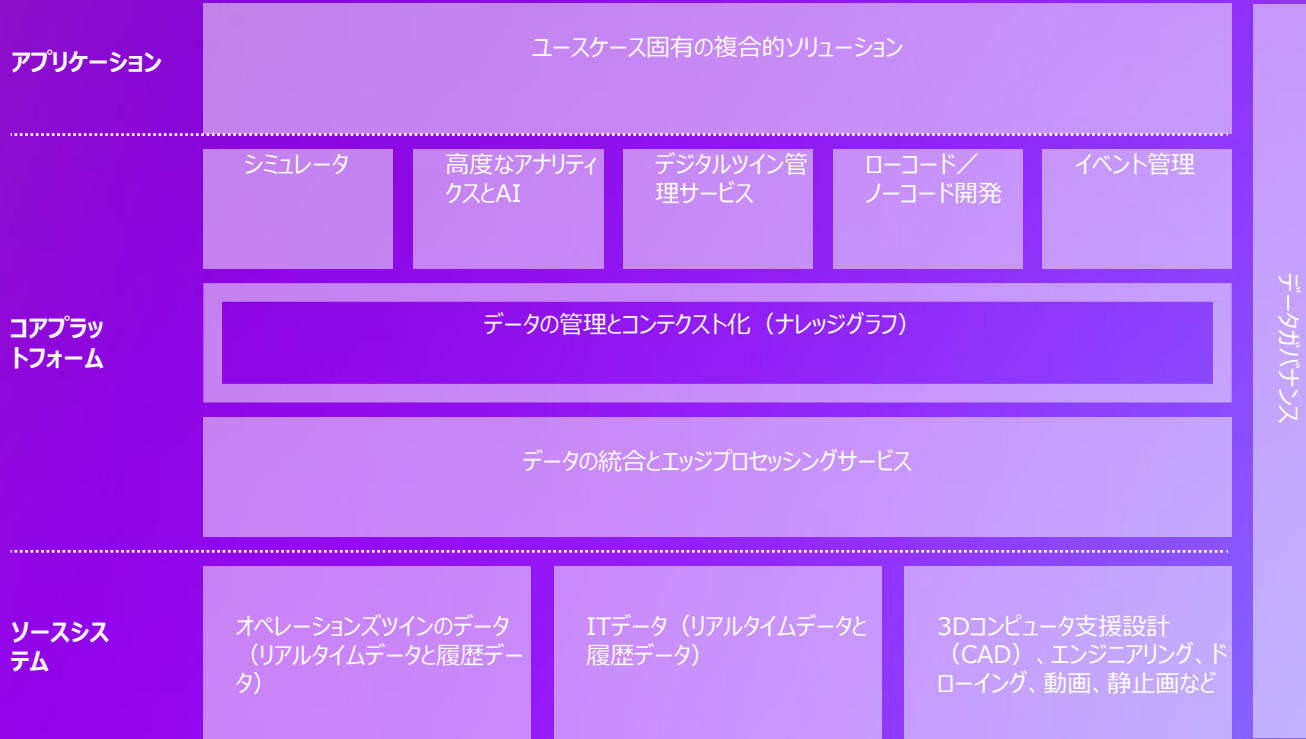
メーカーはデジタルツインと既存のシステムを併用し（次ページの図3を参照）、これらのシステムからデジタルツインに適切なデータを流すことで、数年間にわたる投資からより大きな価値を引き出すことができます。既存のシステムを一から再構築する必要はありません。

伝統的な製造システムにつきものの制約を取り払い、クラウドプラットフォーム/テクノロジーのパワーとフレキシビリティを併用することで、デジタルツインはメーカーがすべての既存システムからデータを取得するのをサポートします。たとえば、ERP（エンタープライズリソースプランニング）やPLC（プログラマブルロジックコントローラ）、サプライチェーン、流通といったシステムからデータを集め、スピーディかつ効果的にコンテクト化できます。

しかも、これはユースケースベースでの実行が可能であることから、ユースケースの複雑さにもよりますが、各種のメリットを3～6カ月という短期間で実現することができます。従来のパイロットアプローチとの根本的な違いは、すべてのユースケースで同じデータモデルとインフラを利用できるという点です。新たなデータサイロを構築する必要はありません。従って、統合に関する新たな課題を生むことなく、すべてのユースケースがデジタルツインのポテンシャルを一層高め、飛躍的な拡張を実現することが可能です。



図3：オープンな統合プラットフォームとして設計されるデジタルツイン



左図はコアプラットフォームの3つのレイヤーを含む、シンプルなデジタルツインアーキテクチャをまとめたもの。

- 複数のソースシステムからデータを取得し、エッジで前処理した後、クラウドに送って統合/保存する。
- データをコンテキスト化する。つまり、エンジニアリング、IT、OTの各データの関係性をフレキシビリティとスケーラビリティのあるグラフで記述し、複雑な製造オペレーションの全体像を提示する。
- デジタルツインプラットフォームは通常、基本的なシミュレーションとアナリティクスの機能を備えており、シンプルなダッシュボードから複雑な機会学習ロジックまで、多様なアプリケーションにコンテキスト化されたデータを提供する。



既存のシステムを見直す

確かにメーカーは、既存のシステムを一から再構築しなくてもデジタルツインを活用することができます。ただし、既存システムにまったく手を加えなくてもいいというわけではありません。一貫性のない投資とプロプライエタリな拡張の結果、合理的な製造アーキテクチャの構築に失敗すれば、その後の進化は期待できなくなります。メーカーは、デジタルツインの導入／展開と同時に、既存の製造アーキテクチャの合理化を進め、以下を実現しなければなりません。

1

データドリブンのテンプレート化されたアプローチと抽象化レイヤーを構築し、現場の高価な機器類を交換しなくても簡略化／標準化できるようにする。

2

高価値で具体的な改善を推進する（たとえば、下流での故障を引き起こしている上流の要因を特定するなど）。これは多くの場合、データやAI、デジタルツイン環境に関連した改善課題となる。


3

ERPと現場のシステムの「垂直」統合を強化して、堅牢かつ効率的な実行エンジンを構築する。

4

実行と最適化（デジタルツイン）という2つの領域のそれぞれのパラダイムを尊重しつつ、共有データ／情報モデルをベースとして、実行と最適化を徐々に統合していく。

メーカーごとの特性、要件、目標、出発点は大きく異なり、このロードマップにはさまざまなバリエーションがあります。ただし、全体的なアプローチはあらゆるケースにおいて有効です。



3. MESベンダーと、大手のクラウドプラットフォーム/IoTプレイヤーの位置付けの違いはどこにあるのか

製造実行システム（MES）は、現在の製造IT／OTスタックの中核であり、メーカーが次世代のMOMアーキテクチャへのシフトを進めても、引き続き活用することになります。

ジャンルが特化したスタートアップからクラウド大手に至るまで、ITプレイヤーとの競争が激化する中で、MESベンダーはクラウドのフレキシビリティを活用して自社のソリューションを進化させ、シェアの拡大に取り組んでいます。また、未来を見据えた製造アーキテクチャとの統合も推し進めています。

1. 大手のベンダーは（多くの場合は買収によって）オファリングの拡大やポートフォリオの多様化を推進し、データヒストリアンや品質管理システム、アセットパフォーマンス管理、倉庫管理といった各種ソリューションを含む、高度に統合化されたプラットフォームを提供するようになっています。とりわけリーダー企業は、業界に特化したベストプラクティスを組み込み、高度かつ多様なコアケイパビリティを提供しています。結果として、限定的なカスタマイゼーションで、よりスピーディな展開が実現されています。
2. もう1つの大きなトレンドが、クラウド化です。クラウド化は複数のサイトでの容易な展開を可能にするだけでなく、MOMアーキテクチャ全体との統合も支援し、さらにMESの展開にかかるコストの大幅な削減も可能にします。
3. 最後に、ベンダーが提供する柔軟な商用モデルを利用することで、メーカーは莫大なCAPEX（設備投資）モデルから、漸増型のサブスクリプションモデルにシフトすることもできます。展開にかかる時間の短縮も踏まえれば、MESの利用がコスト的にも妥当であることは明らかです。

クラウド化の目的は、コスト削減にあるのか？

答えは「ノー」です。メーカーはMESをサポートするため、または拡張するためにクラウドを活用しています。

- インダストリアル・インターネット・オブ・シングス（IIoT）：改良した機器や新たなスマートセンサーから、さらにデータを収集。
- アナリティックプラットフォーム：収集した膨大なデータを分析。
- LCNC：プラント固有の独自のニーズに対応。
- 機械学習：日常的な意思決定を支援し、可能であれば自動化。

MESベンダーはアーキテクチャにフレキシビリティを持たせることで、これらのテクノロジーを活用し、より大きな価値をクライアントに提供しています。ベンダーは、IIoTやLCNC、機械学習、アナリティクス製品といったツールを外部から購入する、自社開発する、クラウド大手と提携するといった方法でクライアントに提供し、オープンかつパワフルなクラウドツールとのシームレスな統合を実現しています。

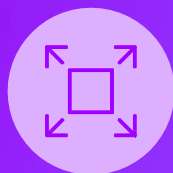
まとめ

次世代の製造システムアーキテクチャへのシフトを成功に導くことができるリーダーは、効率性を高め、顧客満足度を向上させ、コストを削減し、最終的には競合を上回るパフォーマンスを実現することができます。



フレキシビリティ

デジタルツインは、メーカーによって異なるニーズや出発点に応じた柔軟な適応性を備えています。短時間で大きなメリットを獲得できるシンプルなユースケースから始めることで、デジタルツインはあっという間に独立採算のプロジェクトへと成長します。



スケーラビリティ

想定されていたユースケースの適用範囲を拡張し、複数のサイトに導入できます。また、さらに洗練されたデータアナリティクスも実現できます。



インテリジェンス

階層の全レベルにデジタルツインの最適化ロジックを適用できるため、エンジニアとオペレーターが責任を持って製造データや関連するソリューションを管理できます。

Contact/Authors



Pascal Brosset

Managing Director — Industry X, Global Production and Operations Lead



Thiago Martins

Managing Director — Industry X, North America Production and Operations Lead



Sheri Williams

Managing Director — Industry X



Mike Watson

Associate Director — Industry X, Business & Integration Architecture



Contact/Contributor

S

Fay Cranmer

Lead – Industry X, Growth Markets, Accenture



Goetz Erhardt

Lead – Industry X, Europe, Accenture



Aaron Saint

Lead – Industry X, North America, Accenture



Sef Tuma

Lead – Industry X, Engineering & Manufacturing, Accenture



About Accenture

Accenture is a global professional services company with leading capabilities in digital, cloud and security. Combining unmatched experience and specialized skills across more than 40 industries, we offer Strategy and Consulting, Interactive, Technology and Operations services — all powered by the world's largest network of Advanced Technology and Intelligent Operations centers. Our 674,000 people deliver on the promise of technology and human ingenuity every day, serving clients in more than 120 countries. We embrace the power of change to create value and shared success for our clients, people, shareholders, partners and communities.

Visit us at www.accenture.com.

Disclaimer

This content is provided for general information purposes and is not intended to be used in place of consultation with our professional advisors.

This document refers to marks owned by third parties. All such third-party marks are the property of their respective owners. No sponsorship, endorsement or approval of this content by the owners of such marks is intended, expressed or implied.