

# Deloitte.

デロイトトーマツ



ソフトウェア・デファインド・  
マニュファクチャリングの  
新時代到来：  
生産性向上に関する構想



# 日本語版発行に 寄せて

ドイツでIndustry4.0が提唱されて以降、IoTや機械学習、ロボティクスなどのテクノロジーの適用により、製造・ものづくり領域のデジタル化、「スマートファクトリー」の取り組みは大きな潮流となってきた。しかし、ここ数年は、デジタルツインや産業メタバースなどの新たなテクノロジーコンセプトが登場してきたものの、取り組みの方向性を大きく変えたり、加速させたりするまでには至らなかった。製品や設備の状態に基づきデジタル上で実際の設備やロボットの動き、レイアウトを再現しシミュレーションすることは可能となった一方で、工場の日常でダイナミックに発生するイベントや業務の流れ、データを活用した問題解決や意思決定といった組織活動・マネジメントへ適用する道筋が見えてこなかったからである。

しかしながら、生成AIに端を発し、エージェントAI、フィジカルAIとAI技術が急速に拡大する中、注目されるのが、「ソフトウェア・デファインド・マニュファクチャリング (Software Defined Manufacturing、以下「SDM」)」という進化の方向性である。自動車では、機能実現をハードウェアからソフトウェアへシフトした構造とすることで、仮想空間上でシミュレーションを行って品質・機能のスピーディな熟成を可能とし、速いサイクルかつ遠隔での機能アップデートやカスタマイズを実現可能とした「ソフトウェア・デファインド・ビークル (Software Defined Vehicle、以下「SDV」)」が現実化しているが、それと同様の概念である。

## 芳賀 圭吾

産業機械・建設セクター スマートファクトリーイニシアチブリード  
合同会社デロイト トーマツ  
パートナー

すなわちSDMは、製品や設備機器・業務プロセス、組織活動やマネジメントをデータとデジタルで表現、それを柔軟に組み合わせ互いに連携させる。それをもとに、直近の問題分析から改善策検証までをデジタル上で行い、現場にスピーディかつシンプルに適用し進化させる。また、それだけでなく、さまざまなビジネスシナリオから将来のものづくりのボトルネックをシミュレーションし、競争力の維持向上に向けた課題（アジェンダ）をスピーディに柔軟に立案、実行していくことが可能となる。

もちろんこの取り組みは一朝一夕に実現できるものではないが、SDMを自動化・デジタル領域における技術進化が目指す方向性を整理する枠組みとして捉え、変化に俊敏に対応し、さらには変化を先んじて作り出せるような、自社のものづくり戦略を磨き上げていく一助となれば幸いである。

本稿は、Deloitte Consulting LLPが発表し、合同会社デロイト トーマツが翻訳・改訂したものである。和訳と英文「“Entering the era of software-defined manufacturing”」に相違がある場合は、原文を優先する。



# ソフトウェア・ デファインド・ マニファクチャ リングの新時代

長年にわたり、製造業はモノの生産方法や人の働き方を再設計し、改善するための技術やプロセスを採用してきた。多くの企業がすでに業界のモダナイゼーション、つまり、デジタル技術の取り込みと融合に向けた取り組みに着手しており、これは、製造業の経営幹部の92%が、今後3年間でスマートファクトリーソリューションが競争における主要な原動力になると予測しているというデロイトの調査結果にも表れている<sup>1</sup>。しかし、製造業全体におけるモダナイゼーション達成への取り組みは困難に直面している。顧客ニーズと制約という問題を抱える現代の製造業は、変革的な進化を遂げ、常に変化し続ける市場に後れを取らないようにする方法を模索しなければならない。

今日では、製品設計の寿命は短くなりつつある。消費者の嗜好は変化するため、生産部門にはさらなる柔軟性が求められている。製造業は何百、時には何千もの種類に及ぶ製品、製造の属性バリエーションを、製品ライフサイクルを通じて調整しなくてはならない。製品内におけるソフトウェアの割合は増加しており、ソフトウェアで実現される機能は製造プロセスの途中でアップデートされる。このような状況の中、企業は数十年にもわたる技術側面や業務プロセス側面の負債、そして変革に対する抵抗を克服しようと苦慮し続けてきた。こうした要素は全て、現代の製造業が必要としている俊敏性の妨げとなっている。

変革を推進しながらこうした難題に対処するには、ソフトウェア・デファインド・マニファクチャリング (Software Defined Manufacturing、以下「SDM」という新たな構想が必要である。この構想は、**データ、ソフトウェア、自動化、製品、労働者を連携させる**ことで、スマートオペレーションにおけるギャップを補完することを目的としている。製造オペレーションでは、ソフトウェアアプリケーションとサービスを使用した制御、管理、最適化が行われる。SDMの可能性を最大限に引き出すことによって、工場、工場ネットワーク、サプライチェーンの全体において、**人と機械のシームレスなオーケストレーション (統合)**が可能になる。

**SDMの技術的特徴は抽象化であり**、仮想化によって生産部門とその技術インフラとの間を分離する。言い換えれば、SDMは、ソフトウェアとハードウェアを完全に切り離すことであり、これはまさに、現在の仕組みからのパラダイムシフトである。

ここで、現在の状況を考察してみよう。ガスタービンの燃料噴射装置を構成する燃料ポンプを想像してみるとよい。エンジニアリング部門は3D仮想環境でポンプを設計し、構成図を製造部門に送付する。工場の管理者は、設備の性能の限界を踏まえてポンプの属性をいくつか調整しなければならないことに気づき、変更箇所を2D図面に書き込む(ただし、エンジニアリング部門には差戻ししない)。しかも、最高品質

の燃料ポンプを製造するためには、生産ラインの設定を変更する必要があるが、ここにもまた問題が発生する。変更するには、現場作業者が、工場設備に対してソフトウェア更新や、新たな命令入力といった物理的作業を行わなければならない。このような作業が多数の設備・機器にわたる場合もあり、その間、製造ラインは停止状態に陥ってしまう。

## SDMを導入すれば、全てが 変わる。SDMでは、ソフトウェア が製造プロセスを定義する。

製品のデジタルツインは、設計から試験、製造、エンジニアリング部門への差戻しまでの過程で保持され、ライフサイクルを通じて一貫した再現性 (デジタルスレッド) を実現する。工場からクラウド、そしてデジタルツインへのリアルタイムの通信とISA-95などのリファレンスモデルを活用することで、生産ライン、設計、工場レイアウト、さらにはサプライチェーンを場合によってはダウンタイムなしで迅速に調整することができる。

仮想環境における製品設計について想像してみたい。調整されたシステムとデータフィードバックループによって、製造業は物理的なプロトタイピングの時間と無駄を省き、リアルタイムにフロントローディングを実施することができる。たった一度の実装で、工場ネットワーク全体のハードウェアを更新でき、ダウンタイムなしで生産を変更したり、同じハードウェアを使用して新しい製品を製造したりすることが可能になるのである。ソフトウェア組込製品では、ソフトウェアがデジタルツイン間のコミュニケーションレイヤーとして機能し、生産部門における品質のばらつきを特定する。ソフトウェアやAI、エッジセンサーを統合すれば、オペレーション上の制約を検出し、ワークフローを迅速に変更して、そうした制約を克服できる。ここで必要となる人手による操作は、ごくわずかである。

これこそが、私たちが全体として目指している未来の姿である。製造業は各自の課題や展望を持ち、SDM構想による解決方法を各々で検討していることから、それぞれが見ている未来像はおのずと異なったものになる。次の課題は、企業全体の変革に向けた段階的なステップを解き明かすとともに、業界のモダナイゼーションという次なる時代に向けてSDMを導入するうえでテクノロジー、人材、データ、プロセスが果たす役割を詳細に分析し、調査することである。

# パラダイムシフトと 顕在化する価値を 解き明かす

業界のモダナイゼーションに向けた取り組みでは、  
製造プロセスのスピード向上や改善に向けた  
ソリューションを階層化する

クラウドコンピューティング、データ収集、デジタル設計といった現代の製造業における一般的なテクノロジーは、それぞれ生産性、効率、品質において成果を生み出す。しかしながら、こうしたテクノロジーとその他のテクノロジーを企業全体のSDM構想の基に統合することで、その最大の潜在能力を引き出すことができる。製造業にとってSDMの最大のインパクトは、問題解決、ナレッジの活用、人と機械の連携を促すための新しいアプローチを可能とすることである。

## 現代的問題解決アプローチ

SDMを活用することで、オペレーショナルエクセレンスと新製品開発の双方に対して斬新なアプローチを採用することが可能になる。また、SDMは製造現場でデータを測定しそれを評価するための新しいツールを提供するため、エクセレンスの基準を再定義する必要が生じる。SDMはさらに、組織がこれまでに蓄積した知識に依存するのではなく、既存の前提を最初の仮説として活用し、先進的な事例を試験、検証、改善しながらデータドリブン型の意思決定と将来の規模拡大に向けた最適化を実現できる手法を提供する。工場の壁を越えたSDM構想では、データ、接続性、および製品属性と機能の共有フレームワークによって、エンジニアリング部門の設計意図と製造可能性と製品バリエーションを考慮した反復型設計との間で生じるギャップやサイロ化を解消する手助けとなる。また、シミュレーションを強化した研究開発も可能となるため、材料や医薬品などの開発が加速する。データサイエンス、AI、コネクテッドソフトウェアを活用すれば、以前からある問題に対して新しいソリューションを導入でき、結果として、従来の基本原則に従うよりも優れた成果を得られる場合が多い。

## ナレッジの活用

SDMは、工場をエコシステム内で連携させて、知識を管理・体系化し、情報ギャップを解消し、容易に知識を参照・活用できるようにする。つまり、システムデータ、組織知（従業員が退職する前までに蓄積する知識）、およびアナログソース（大量の文書）から情報を抽出できるようになるのである。データの形式やロケーションに関係なく、ベンダーや市場のデータ、サプライチェーンネットワークを含む幅広いソースを、特別なトレーニングや面倒な作業指示なしに直感的に活用・参照できる。また、SDMは、製造業が従業員と機械を結び付けることで連携や自動化を強化する方法にも影響を及ぼす。

## 人と機械の連携

SDMを導入すれば、製造業は接続性、統合、人と機械の連携を新たなレベルに引き上げ、プロセスと結果を最適化させることができる。シームレスなデータフローと、人と人以外のワークフローを連携させることによって、フィジカルとデジタルを統合でき、それによってロボティクス、ソフトウェアアプリケーション、ハードウェアといった複数のソリューションの融合が実現する。このような統合は、現場の担当者と経営幹部の間にとどまらず、工場間や外部パートナーのネットワーク全般まで、幅広い範囲で実現できる。

こうした分野における諸機能を活用することにより、技術のモダナイゼーションの価値を最大限に引き出すことができる。SDMを利用すれば、スピードとコストに関する一般的なKPIを超越し、製品ライフサイクルのあらゆる段階のオペレーションを改善できる。それによって実現できるのは、顧客ニーズへの対応力の向上、製品品質や生産効率の向上、段取り替えプロセスの合理化、工程が進んだ後での不要な設計変更の低減、従業員エクスペリエンスの向上であり、ひいては財務的インパクトを創出できる。

このような製造業における新たなビジョンは、それ自体が魅力的で有益なものである。ただ、長年にわたって技術のモダナイゼーションを追求している製造業にとって、SDMへの移行は、最初はまた別のハードウェア中心の取り組みで、長期的で、野心的な取り組み、しかも段階的なアプローチに過ぎないように映るかもしれない。しかし、顧客の期待の高まりや競争の激化、さまざまなエンタープライズリスクと制約にさらされている製造業は、製品の開発、製造、サポートに対する新しい持続可能なアプローチをすぐさま見出さなければならない状況に追いやられている。

# 変革に伴う 難題

SDMは、製造業が生産性と効率性に対する最も困難な障壁を解決する際の一助となり得る。変革を求める社内外の圧力にさらされている製造業にとっては、SDMこそが喫緊で取り組まなければならない課題となっている。社外の問題としては、コスト圧力と顧客ニーズが増加しており、製品品質の向上やパーソナライゼーションの強化、コスト削減に対する期待が高まっているという点がある。しかし、製造業にとって、サプライヤーの全体像を把握できていないために新たな問題に対処するための柔軟性と機敏性が高められずにいる中で、サプライチェーンの混乱と回復力の欠如は大きな制約となる。また、顧客ニーズによって一部の製品の寿命が恒久的に短縮し続けているという現実にも直面している。長年設計が変更されていない製品と、非常に短い期間で再設計や廃盤となる製品とでは、コストやスピード、その他の要因に対する解決方法が異なることから、設計部門と生産部門では、柔軟性と機敏性に対するニーズが高まりつつある。

社内の問題としては、必要な人的資本に関する点である。製造業の80%以上が、ビジネスチャンスを見逃す理由として従業員関連の制約を挙げている<sup>2</sup>。従業員が多数退職する予定であることも課題であるが、製造業に人材を呼び込み、工場がある地域に住んで働くことを選択する人材プールを構築するという恒久的な課題にも直面している。

一方、工場の現場におけるレガシーテクノロジーがイノベーションのペースに追いついておらず、エンジニアリング部門と製造部門の間や両部門全体において、柔軟性と機敏性を実現できていない。各部門がテクノロジーを導入する際には、部門間で緊張が生じる場合もある。エンジニアリング部門では3D仮想環境で設計できるにもかかわらず、図面を生産部門に送った時点で2D回路図に変換されてしまうといった事例がある。そのような場合、製品関連のメタデータが失われてしまうだけでなく、製品の製造可能性や、設計の適合性と機能を向上させることができるフィードバックループがうまく機能しないという難題が生じている。

さらに、システムを更新しても、そのインパクトがネットワーク全体に及ぶのではなく、一つの工場に限定される場合が多い。設備投資プロジェクトでは通常、特定の機能に対処するために必要な範囲内で資金調達が行われるが、結果として他の多くのシステム構成要素が無視され、システム全体を検討する目線を持てなくなる。柔軟性のない従来の製造システムは技術的負債や業務プロセス的な負債を発生させ、データの互換性の低いサイロ化状態を招き、また目的に特化した統合をしまうことでスケラビリティを阻害し、資金調達を複雑化させる深刻な状況を引き起こしている。総じてこのような難題により、製造業で達成できるモダナイゼーションとSDMが提供できる柔軟性と機敏性は限定的なものとなる。



このような圧力にさらされる中で、SDMを導入するためにはどのような企業変革が必要かを判断することが一つの難題となっている。その答えにたどり着くまでには、解決しなければならない問題が複数存在する。



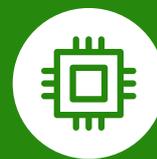
データとテクノロジーのサイロ化は、接続と統合を阻害する。切り離され、どこにも連携していない情報は、科学的アプローチを妨げ、知識へのアクセスを抑制し、人と機械のワークフローの理想的なバランスを複雑化する。この難題には、業務ドリブンアーキテクチャからイベントドリブンアーキテクチャへの移行が含まれる。



ITシステムとOTシステムの違いから、双方の統合が進まない場合がある。この結果、データ交換や通信のための接続が妨げられるだけでなく、財務システムと製造システムを連携させて影響を定量化する機会も損なわれる。企業の標準化と特定の運用ニーズやオーナーシップの集中（集中型または分散型）のバランスを考慮しつつ、技術が収束した環境でITとOTを総合的に管理する方法に取り組む必要がある。



データフロー、デバイス、クラウドサービスの増加に伴い、悪意のある攻撃者がハードウェアを使って攻撃ベクトルや脆弱性を生み出すことができるようになったため、サイバーセキュリティはますますビジネスクリティカルな問題となっている。まずは、ネットワークのセグメント化、データアクセス制御、継続的な監視といった最低限のリスク低減策に取り組む必要がある。



成熟した技術や新しい技術を取り入れることで、ソフトウェアやハードウェアの抽象化は複雑にも容易にもなり得る。ハードウェアに依存しないコードを開発するにあたり、エンジニアには技術的移行を支援するアセットが必要となるほか、システムアーキテクチャから技術実装までの従来の幅広いアプローチを再構築するという難題にも直面する。



ビジネス戦略、テクノロジーへの投資に関する意思決定、設計とガバナンス、人材の考慮事項を一致させるには、総合的なアプローチが必要になる。目標とするのは、エコシステムにおける完全な連携であり、SDM環境、製品、インターフェースによってエンジニアリングと製造のライフサイクル全般で全てのアクションとデータポイントが可視化され、トレーサビリティが実現している状態である。

変革には困難が伴うが、SDMへの移行は、現在進行中の工場ネットワークを改善する際の最適解である。新設投資からは、ネットワーク全体において投資の価値の実証と検証を迅速に進める機会が得られる。

既存の設備・システムに対するモダナイゼーションからは、競合他社と歩調を合わせるために必要な技術上の柔軟性と機敏性を獲得できる。資金調達は、公共セクターの投資や補助金プログラムの利用が考えられる。現在新設構築中の企業は、SDM構想を掲げるための大きな機会を手に入れているが、既存の設備・システムに対する投資を行っている企業がその域に達するまでには時間がかかる。しかし、どちらの場合においても、SDMにおいて目指すべき共通の目標は、人と機械をシームレスに連携したモノづくりであることに変わりはない。その可能性を、一連の技術開発と成熟技術が支えている。



# 成熟技術と新興技術が もたらす影響

SDMは多種多様なテクノロジーを活用することで実現できるものである。多くの製造業は、組込システム、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などの成熟したソリューションを採用中または既に採用済みである。こうしたテクノロジーは通常、IT環境では標準となっているが、一般にOTではそれほど使われていない。最先端の技術革新が大々的に進展する中で、登場したばかりの新しいテクノロジーを活用してSDMを実現することもできる。



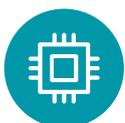
## センサーと組込システム

センサーを使用したリアルタイム監視は、環境全体の可視性を高め、デジタル資産またはデジタルツイン上に情報を提供し、高度な分析とモデルベースのシミュレーションを可能にする。スマートセンシングの開発では、センシング、プロセッシング、通信を一つのデバイスに統合する。その結果、センサーは物理的パラメータ（例えば、温度や圧力）を測定したり、データの処理をローカルで行ったりすることができるようになり、また、センサーレベルでのデータ分析、フィルタリング、意思決定も可能となる。プロセス産業や危険な環境では、Ethernet-APLが新たに開発されたことで、2線式イーサネットでのフィールドデバイスの接続とデジタル化が可能になる。自律型ロボットは、データ通信の低遅延エリアでは、複数の設備を監視する機能を果たすことが可能となる。



## クラウドコンピューティング

ビジネス上重要な機能においてクラウドが採用されるケースは増加しており、Gartnerの予測によると、業界クラウドプラットフォームを使用する企業は2023年には15%未満であったが、2027年までには70%以上へ増加するとされる<sup>3</sup>。クラウドコンピューティングを導入すれば、ニーズに合わせたオンデマンドコンピューティングを柔軟に利用できるため、企業は、オンプレミスのデータセンターやその運用・保守人材への投資ではなく、中核となるエンジニアリングと製造の能力に労働力と資本を集中させられるようになる。製造業はビジネスクリティカルな生産用途へのクラウドの適合性と、ハイブリッドインフラストラクチャの機能の可能性を模索中である。さらに、クラウドや時系列データベース、その他のシステムに保存されているもののこれまで活用されてこなかった産業データの価値を認識しつつある。



## エッジコンピューティング

新しいチップとハードウェアの機能が登場してエッジでの高度な分析と処理が可能になったため、そうした機能を入手するために、標準化されたITのリファレンスモデル（例：DevSecOps）をOT環境に適用しようとする製造業が増えている。エッジインターフェースの利点には、コスト効率のほか、低遅延でリアルタイムのインサイトが得られることがあるが、これはモデルのトレーニングや履歴分析に関する重要なデータのみがクラウドに送信されるためである。製造業は、クラウドとエッジコンピューティングのバランスが取れたソリューションを設計し、システムのパフォーマンスとコストを最適化できるようになったのである。



## AI、機械学習、生成AI、エージェントAI

現在、多くのAIや自動化技術が成熟期を迎えている。高度な分析機能により、製造バリューチェーン全体でデータに基づいた意思決定ができるようになった。また、一部の意思決定を自動化して、プロセスを合理化し、柔軟性と機敏性を高めることもできる。ここ数年、大手製造業は予測AIの出力をクローズドループ制御システムに統合する方法を研究してきた。このアプローチは現段階では慎重に進められているが、制御システムをさらに強化できる可能性がある。また、SDMを導入することで統合が進み、高度なインサイトに基づくリアルタイムに近い適応性を実現できる。生成AIの台頭により、企業はさまざまなデータソース（経験豊富な従業員から収集した知識を含む）から情報を検索して要約し、そのデータに基づいてテキスト、画像、動画、コード、さらには3Dモデルを生成するための新しいツールを手に入れている。また、エージェントAIの台頭によって、デジタル世界と現実世界の双方において自動化がもたらす未知なるものへの扉が開かれ始めている。



### バーチャル PLC

現存する PLC ベンダーのほとんどは、オープンソースのバーチャル PLC の市場投入を表明している。エンジニアは新機能をリモートで管理でき、また複数の PLC を一括管理することもできる。バーチャル PLC により、ISA-95 階層内でのシステム間の接続性が向上した。完全なソフトウェア制御の PLC では、安全性が強化された継続的インテグレーション／継続的デリバリー (Continuous Integration/Continuous Delivery, CI/CD) パイプラインと DevSecOps を使用して、フィジカル環境から切り離されたアプリケーションと機能を構築できる。



### サイバーフィジカルシステムのセキュリティ

一般的に、サイバーフィジカルシステムは、物理的プロセスの相互連携やプロセス制御を計算、ネットワーキング、ソフトウェアと組み合わせるため、データ量の増加、データにアクセスできるユーザーの範囲の拡大、そして従来は分離されていたレイヤー間の IT データと OT データの連携によって、新たなセキュリティ上の脆弱性が生じる可能性がある。ISA-95 階層からイベント中心のシステム統合への移行においては、柔軟でスケーラブルなアプローチが活用され、イベントを通じてデータが共有されるため、データの管理とセキュリティが容易になる。



### ロボティクス

ロボティクスの進歩としては、AI ドリブン型のソフトウェア定義制御、学習、シミュレーション、閉フィードバックループによる自己最適化などが挙げられる。ロボットとのコミュニケーションは、汎用インターフェース (例：チャットボット、ローコード／ノーコードプログラミング) の開発によって簡素化され、AI などの高度な処理を現場端末やチップ内で実行できる機能によって、低遅延で適合性の高いワークフローの作成が可能になった。プロセスは、ロボフォーミング、ラピッド・リキッド・プリンティング、アディティブ製造や従来のサブトラクティブ製造などのロボット生産機能に対応するまでに変化している。一方、ヒューマノイドロボット技術は、ヒューマノイドロボットの製造コストが大幅に低下し、AI とハードウェアの進歩によって多様なタスクに対する柔軟性と適応性が拡大したことが背景となり、商業的に実現可能となりつつある。



### 接続と通信プロトコル

今日の接続・通信プロトコルは、製造業が設備を物理的に接続する方法やデータを解釈する方法、そしてシステムや従業員間でデータを伝達する方法に変化をもたらしている。ネットワークパフォーマンスを維持しながら多くの製造設備を接続することで、製造業はデータをリアルタイムで転送、分析、把握できる。特に 5G の進歩により、超低遅延と高信頼性を誇る接続が実現している。設備、センサー、エッジデバイスでは、無線規格や有線接続を使用する場合でも、OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) や MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) といった複数のプロトコルを使用した通信が行われる。こうしたプロトコルは、IoT (モノのインターネット) デバイス、エッジコンピューティングやクラウドサービスの統合に不可欠な相互運用性、スケーラビリティ、そしてセキュリティで保護された通信をサポートしている。



### シミュレーション

多くの領域で、シミュレーション技術を活用してデジタル空間での設計と運用を事前対応的かつ体系的に微調整することで、物理空間での試験や反復のコスト、リスク、時間を省くことができる。プロセスと製品のライフサイクルを試験するシナリオシミュレーション、機械と材料がどのように相互作用するかを試験するエンジニアリングシミュレーション、そして「what-if」シナリオでシミュレーションをして製品、プロセス、工場レイアウトなどを仮想環境で試験できるデジタルツインなどがその例である。課題の一つとして、多くの企業がすでにデジタル設計ツールを使用しているが、シミュレーションや MES からの作業指示で使用するモデルを強化するには、さらに多くのデータが必要となることが挙げられる。ここで挑戦すべき点は、製品が設計要件を満たし、それに見合った労力で合理的な時間枠で製造できるようにすることである。ユーザーがデジタルツインを操作・調整する際には自然言語プロンプトとローコード環境に依存するため、生成 AI がシミュレーションに対して重要な補完的役割を果たす。



# SDMの導入に向けた 次なるステップ

SDMは、製造部門や生産する製品の性質に合わせた形態で導入することが可能である。少品種繰り返し生産の場合は、ビジネスケースは自動化を目標にした明確なものになる。つまり、需要予測や新たに構築される生産ラインでの制約に迅速に対応できること、である。逆に、多品種少量生産の場合、SDMの導入によって、品質や柔軟性、創造的なルーティング戦略に重点を置くことができる。また、設計、生産、パフォーマンスのトレーサビリティ実現が必要な企業では、SDMを導入することによって、製造環境と、工場や製品のインターフェース、そして製品自体が接続された究極的なエコシステムが実現する。製造業は、オペレーション、機器、製品とそれらを取り巻くインフラストラクチャを各時点で完全に把握できるため、品質とコンプライアンスの面でのメリットを得ることができる。

構造化され、統合された効率的なフレームワークへの投資は、戦略的目標を達成するための大規模なデジタルトランスフォーメーションを加速させる。プロセスの統合を念頭に置いて慎重に設計されたアーキテクチャとインフラストラクチャを利用すれば、現代の従業員とともに多岐にわたる高価値なユースケースを大規模に構築し、活用することができる。システム間のインタラクションが抽象化されて複雑な部分が単純化されて摩擦が減っていることから、ビジネス、IT、OT、エンジニアリング技術を横断しての連携に拍車がかかっている。

SDMの未来を見据えている企業は、業界のモダナイゼーションにおいて自社がどの段階にあるかに応じて、大胆なステップアップや段階的なステップアップなど、相応の行動を起こすことができる。製造業は、どこから始めて次に何をしたらよいかを決定するにあたっては、データ管理、ガバナンス、従業員エクスペリエンスの分野で重要な問題に直面することになる。

## データ管理に関する 考慮事項

### AIとスケーラブルなソリューションの実現に向けて、 データを準備する方法とは

将来的にソリューションと成果をスケーリングする際の課題を回避するために、早い段階でデータやアナリティクスに関する戦略を俯瞰することを推奨する。多様なデータソースを一つに統合した概念的枠組み、つまりユニファイド・ネームスペース (Unified Name Space : UNS) を採用することによって、リアルタイムデータの信頼できる唯一の情報源を確立できる。これによって情報が明確になり、異なるビジネスセクター間で情報にアクセスできるようになる。目的に応じて設計を選択し

て接続・通信プロトコルを導入すれば、新しいナレッジソースにアクセスしたり、ナレッジ管理に対する新しいアプローチを提案したりすることができる。情報の範囲は、退職する従業員へのインタビューから構築したナレッジベースや、製品データや製造運用データに関連付けされたサプライヤーと顧客のデータ、センサーとエッジデバイスからのデータ (例：カメラからの視覚データを活用するコンピュータービジョン) など、広範にわたる。データ統合を簡素化し、運用効率を高め、リアルタイムの意思決定を促進するには、適切に設計された製造データや運用データと分析戦略が必要不可欠である<sup>4</sup>。



# エッジにおける 予知保全の実現

あるグローバル物流企業は、出荷量が大幅に増加したため、ほぼ24時間365日体制の運用を余儀なくされ、物流施設の保全時間が制限されるようになった。同時に、米国の厳しい労働市場における採用難と賃金上昇に直面していた。よって、機会損失を削減し、効率性を高め、配送サービスレベルを最適化するために、施設に関する予知保全戦略を必要としていた。



デロイトは新しいアーキテクチャ戦略を採用することの重要性を認識したうえで、このクライアントが成果を拡大し、複数施設における異種システムを接続し、データをクラウドに送信して分析を行う前にデータをエッジで集約できるようにするため、統一ネームスペースを採用して運用データ管理ニーズに対応することを推奨した。



この取り組みの目的は、標準化・一元化されたデータハブをクライアントのネットワーク全体で確立することである。つまり、PLCと各種センサーをデータソースとして活用し、エッジでデータを処理・集約してからクラウドに送信するという戦略である。



アーキテクチャフレームワークを導入することで、複数の施設のリアルタイムデータをエッジで処理できるようになった。続いて、データがセントラルロケーションで統合できるようになった結果、全ロケーションを網羅する中央ハブに個々の施設を接続することで、統一ネームスペースを作成することができた。

この段階を踏むことにより、ネットワーク内のどのシステムにおいても、40を超える施設に分散している約25,000台の設備に関するさまざまなデータソースからデータを即座にサブスクライブできるようになり、クリーンかつ一元的なデータ管理が実現した。これにより、予知保全に関する運用、ビジネス、ITのニーズが満たされるだけでなく、将来のユースケースの統合も簡素化された。

### データを分析するには

IT/OTの機能強化に投資することで、新たな可視性とインサイトを得ることができる。SDMワークフローのコンポーネントの高度化に備えるために、企業は基本的なデータに関する領域に投資する必要がある。業務が現在どのように遂行されているか、また運用性と最終損益にどのように影響しているかを把握することもその一環として含まれる。エッジコンピューティング、生成AI、モデルベースのシミュレーションなどの新興技術が台頭したことで、製造業はデータとインサイトを処理、分析、活用するための新しいツールをすぐに活用できるようになった。堅牢なAIとデータ運用を統合するには、基盤となるデータとそれを支えるインフラストラクチャに関する意思決定を行うためのビジネス的視点が必要になる。エッジコンピューティングかクラウドかなど、データを処理する場所の決定に影響する要素としては、遅延時間、処理能力、帯域幅、計算コスト、結果として得られるインサイトがどのように使用されるか（例：遊動的分析に対するリアルタイムの意思決定）がある。さらに、AIドリブンのアプリケーションを使用すれば、専門的なスキルがなくても、新しい方法でデータを調査したり、インサイトを活用したりできることもある。さらに、デジタルスレッドを活用したシミュレーションを行えば、製品や工場、広範なサプライチェーンを最適化する機会を分析し、視覚化することも可能である。

### 適切なタイミングで関係者やシステムにインサイトを提供するには

コネクテッド環境では、さまざまな関係者が自分の役割に関連する全てのデータを、信頼できる単一の情報源から参照できる。SDMを活用すれば、日々のワークフローに知識とインサイトがシームレスに組み込まれる。例えば、工場現場の作業員は、生産シフトの引き継ぎのために、拡張された作業指示書やダッシュボードからのリアルタイムのインサイトを必要とする。これに対して、経営幹部は、複数の工場を見渡せるコントロールタワーを必要とする。

SDMは、単にデータを関係者に提供するだけでなく、システム内でフィードバックループを閉じることで、継続的な改善と最適化を実現することを目的としている。例えば、製品エンジニアリングや材料データに関するデータを在庫管理システムにフィードバックすると、調達システムやさらには顧客関係管理システムにもその情報が提供され、リアルタイムで配送注文が更新される。SDMの最も成熟した構想では、クローズドフィードバックループによって、設備とロボットが自己最適化したり、自己トレーニングできるようになったりする。SDMは、ロボットと労働者を統合するための最善の方法を実現するための道筋となる。



# 工場の未来を創る

ある大手製造業では、国際ネットワークと数十箇所もの施設と工場を有しており、安全性を向上させながら、ネットワーク全体で生産性を向上させる必要性が高まっていた。そのため、生産能力の拡大、安全性の向上、品質の向上など、8つの分野と25の改善目標を重点化したうえで、こうした優先事項に対処するため、以下の3つの価値向上ソリューションの実行に向けて重要なテクノロジーを採用した。



## 1. 職場の安全性向上

AIモデルを活用し、安全性に関するリスクを動画で特定することで、安全管理センサーでデータを統合し、リアルタイムの衝突回避技術と組み合わせる。これにより、フォークリフトの運転手と歩行者が危険にさらされたときに、着用した接近検知アームバンドから警告音が発せられる。このソリューションにより、報告対象となる事故の発生率が15~20%減少することが予測されている。



## 2. サイクルタイムの改善

生産設備で振動が発生する場合、製品の品質と生産性の問題が生じる。そのような混乱を正確に予測し防止するため、AIモデルが振動の発生可能性をリアルタイムで計算する。このデータは、設備コンポーネントの速度を自動的に調整するために制御システムに送信される。このソリューションにより品質不良の発生を抑制できるほか、機械トラブルの根本的な原因に関するインサイトを得られることでスループットが3%向上することが予測されている。



## 3. 予期せぬダウンタイムの削減

設備の状態を監視するセンサー（振動、温度、トルクなど）は、機械学習モデルにデータをフィードして、起こりうる不具合を事前に検出する。続いて、システムによって保全チーム向けの作業指示書が自動作成される。目標は、故障を50%削減し、最終的には重要設備の故障をゼロにすることである。

# テクノロジーガバナンスに関する考慮事項

## テクノロジーガバナンスを安全に実施するには

データを取得してSDMを機能させるために多くの設備と高度なサイバーフィジカルシステムがインターネットに接続されるようになってきている。それに伴ってサイバーセキュリティリスクが生じる確率が高まっており、対処が必要になっている。幸いなことに、SDMは製造業にとって新たな変革的構想であるにもかかわらず、エンタープライズサイバーセキュリティの先進事例の多くを引き続き適用できる。

サイバーセキュリティは、定義されたサイバー戦略および役割と責任を割り当てて周知しそれを文書化した管理フレームワークに従って、ビジネスやOT、ITの間を統合させる取り組みである。サイバーフィジカルシステムにおける技術資産のデータフローによって資産の可視性が高まって把握しやすくなり、情報に基づいて焦点を絞ったリスク評価ができるようになった。一方、ネットワークのセグメント化は、接続を限定し、イベントドリブンアプローチを採用することで強化できる。イベントドリブンアーキテクチャには、通信を簡素化するMQTTブローカーと呼ばれるサーバーのほか、デバイスやフォーマットからデータを収集するためのデータハブ、データ分析と自動化のための産業用IoTプラットフォーム、そして接続デバイスを検出して保護するサイバーフィジカルシステム保護プラットフォームが含まれる。イベントドリブンモデルに移行する際には、ISA階層の再評価が必要になる場合があり、その結果は、データアクセスと制御、機敏なインシデント対応、センサーとネットワークデータの継続的な監視、システムの回復力の向上に向けたエンタープライズサイバーセキュリティフレームワークに影響する。

アクセス管理は必要不可欠であり、安全なリモートアクセスソリューションを使用することで、複数のロケーションにまたがって一貫したプロセスを実行し、管理者のアクセスをより厳密に制御できる。これは、脆弱性やシステム侵害の可能性の特定に重点を置くセキュリティオペレーションセンターにおけるOTサイバーセキュリティ監視を一元化することと同じ方向性の発想である。この場合、プロセスはデータと同様に重要であり、一部のソリューションの実行を早めてセキュリティ向上に向けてプロセスを自動化することは可能だが、サイバーセキュリティが事業の中核を成していることを踏まえると、人による監視は引き続き重要となる。

最善の準備態勢を整えていたとしても、サイバーイベントは依然として発生する可能性がある。そのため、製造業は現場レベルで一貫したバックアップを行うこと、また役割とインシデントレスポンス計画を策定した手順書を活用してリハーサルと改善ができるようにすることで、インシデント対応力と復旧・回復力を高めることができる。

## オペレーション全体にさまざまなスケールでSDMを適用するには

データ戦略、最適化された分析、コネクテッドオペレーションの基盤があれば、製造業は、製品エンジニアリング部門、営業部門、サプライヤーおよび流通業者と協働するために、工場のそうした4つの関係者間にまたがる壁を越えてSDMを適用する方法を検討できる。また、イベントや制約、最適化の機会が発生したときにはリアルタイムで検出し、対応できる。SDMを活用すれば、製造機能や広範なサプライチェーンネットワークオペレーション全体に秘められた価値を解放することができるのである。

## ソフトウェア開発のライフサイクルを変革するには

SDMへの移行は、システムソフトウェアを管理する従業員とプロセスに大きな影響を与える。アジャイルで反復的なソフトウェア開発ライフサイクル（Software Development Life Cycle、以下「SDLC」）を採用することで、継続的な統合と展開のサポートや、ダウンタイムの最小化、層全体における迅速な更新と改善が実現できる。また、リアルタイムの監視とフィードバックにより、データに基づいた意思決定が可能になる。加えて、柔軟性と応答性が向上したSDLCを導入することで、イノベーションが促進され、新製品の市場投入までの時間が短縮されるため、競争力の維持に有用である。重要なのは、SDMでは複数のシステムが統合されるため、SDLCはバーチャルPLCだけでなく、クラウドやエッジプラットフォームにも対応するという点である。



# 従業員に関する 考慮事項

## SDMによって従業員エクスペリエンスを向上させるには

最近の調査によると、製造業の半数が、自社の従業員が高レベルのデジタル能力を持つことが重要または非常に重要であると回答した<sup>5</sup>。SDMを導入することで、デジタルスキルを持つ人材に対するニーズが高まる。生成AIが広く使われるようになったことで専門的なデータサイエンススキルセットの必要性は低下し、SDMに対応するためにテクノロジーの活用とソフトウェアエンジニアリングに関する能力の向上が必要となる。また、適応力、問題解決、批判的思考、クロスファンクショナル思考、イニシアチブ、リーダーシップなどのソフトスキルの必要性も高まる。

人材の獲得、オンボーディング、およびリテンション（特に最前線や、危険な業務を担う人材の離職防止）に関する財務上の考慮事項は、製造業にとって最も重要であり、SDMによって従業員エクスペリエンスを向上させることで人材の獲得とリテンションに対応できる。そのため、SDM導入の際には導入と変更のマネジメントが重要になり、従業員を巻き込んでSDMに必要な知識とスキルを習得させるサポートモデルが必要になる。また、従業員に対する影響と、従業員が変化に対応するための柔軟性を考慮する必要がある。つまり、テクノロジーソリューションが従業員にとってどのように有益であるかを伝え、実証するということである。例えば、生産性と意思決定の向上、従業員のアップスキリングの支援、職場環境の安全性の向上、人と機械の連携を推進するリーダーの育成などである。また、そこにはAIのアウトプットや、自動化、システムに対して従業員が信頼を持てるように働きかけることも含まれる。ワークフローが変化し、企業がデータとテクノロジーに依存するようになるにつれて、関係者は自分たちが使用するツールに自信を持つ必要がある。信頼が構築されて初めて、従業員と企業によって価値が創出されるのであり、信頼が構築されていなければ、そうした価値創出の実現はできない。

## 新しい働き方を展開し、維持していくには

変革はチームとしての取り組みであり、IT/OTテクノロジーの融合を考慮すると、IT部門と運用部門は、組織を現代に適合した姿に改革し、統合された環境を維持していく方法に関する共通の優先事項を有している。スマート製造のセンターオブエクセレンスは、IT、運用、調達の各部門やその他の事業部門の経営幹部が一か所に集まり、運用レベルで戦略的な意思決定を行い、生産能力とサービス提供体制を強化および最適化し、競合他社との差別化を実現する革新的なユースケースとアプリケーションを実現する。

また、統合されたIT/OT運用モデルを定義し、確立させる必要がある。そのモデルには、自社でSDMを導入するために必要なスキルセットと機能が盛り込まなければならない。

柔軟に構成できる生産ラインと変更に対応できる製造プロセスに移行するには、従業員のスキルタイプと構成を変える必要がある。そのため、制御システム、接続された設備、ロボット、そしてSDMの稼働に必要な全テクノロジーを管理するスキルを持つ従業員に対する需要が高まる。変革を主導し、従業員のスキルを向上させ、変更管理を推進するにあたっては、外部の専門家の活用を検討してほしい。最終的には、持続可能な変革とテクノロジーの採用に関する先進事例（つまり、バリュードリブなユースケースを使って小さく始め、準備が整った時点で規模を拡大し、継続的な改善に軸足を移す）は、あらゆるデジタル変革と同様、SDMにおいても必要となる。



# SDMの実現に向けた 次なるステップ

SDMは、エンジニアリング設計から、生産部門に至る製造活動の変革という、大胆かつ野心的な目標である。今後の道筋を考えると、SDMの変革には2つの重要な側面がある。1つ目は、顧客ニーズや新技術の導入といった変化に適応できる極めて柔軟な製品をどのように作るかという観点から、エンジニアリングの原則を引き続き重視することである。SDMの導入により、顧客ニーズへの対応、柔軟な製品の設計、製品設計と製造に対する柔軟かつ迅速な変更の妨げとなる課題を克服できる。

2つ目は、自動化と工場におけるツール導入には高額なハードウェアの先行投資コストが必要になるが、SDMによる生産性と効率性向上という利点が達成されれば、経費削減と収益向上により初期コストが相殺されるという認識を持つことである。SDMに必要な工場設備、イーネブリングテクノロジー、プロセス全体に投資することで、柔軟性と効率性が高い最適化された製造が実現する。

SDMを最前線に最善の方法で導入する際に、まずはどのように開始するかを検討するにあたっての明確な考慮事項がある。

SDMを導入するためには、部門横断での**経営幹部からの支援とチェンジリーダー**が必要である。経営幹部は、意思決定と投資を企業戦略に合わせることで変革を優先順位付けし、組織全体の関係者の関与を促すことができる。明確な目標と社内での連携があれば、製造、エンジニアリング、テクノロジー、人事の各部門のリーダーは、共通の目標を達成し、リスク軽減に関する調整を行いやすくなる。

技術革新は急速に進んでいる。必要なのは、基本的な能力とプロセス変革への**投資を増やすことで、機会獲得に向けたモダナイゼーションを実施**し、段階的かつ高頻度で、コストと労力を劇的に削減するユースケースと対応能力を実現するための複数のテクノロジーを俯瞰してとらえること。これにより、工場内だけでなくネットワークとサプライチェーン全体でコネクテッドデータと統合システムを設計し、データの高速度と社内の標準化とのバランスを取れる包括的なテクノロジーフレームワークを採用する。テクノロジーが進化し成熟する中で、この戦略とアプローチを躊躇することなく調整しなければならない。

最後になるが、リーダーは**従業員を念頭に置いてSDM導入に取り組む**必要がある。自社内には、製造オペレーションの未来や、業務の遂行方法、SDMに必要なスキルセットを再構築できる可能性がある。新しいテクノロジーやプロセスには新しいスキルが必要となるが、これまで蓄積してきた知識を捨てる必要はない。テクノロジーがどのように機能し、実装されるかは、従業員エクスペリエンスだけでなく、ひいては従業員の満足度と定着度に直接影響する。変革をどのように設計、展開、促進するかという意味決定の指針となるような、人とテクノロジーが共に成長できる戦略を策定する必要がある。人と機械が連携したワークフォースを構想する際には、機械のアウトプットに対する人の信頼と自信を育むことに注力する。SDM構想の採用に向けて自社を変革していく中で、手動による製品変更が過去のものとなり、データとテクノロジーの管理が優先事項である環境で必要とされるペルソナに込める意味を検討しなければならない。

SDM構想は、野心的でありながら実現できる範囲内にあり、製造業のモダナイゼーションに向けた次なるステップである。データ、生産、アーキテクチャについての考え方を変革する絶好の機会であり、長期的にはテクノロジー投資に対する投資収益率の向上が期待できる。SDMを採用することで、インプットやアウトプット、顧客ニーズが絶えず変化する多様な世界に適合した、柔軟な製造が可能になる。



1. Tim Gaus et al, Deloitte Smart Manufacturing Study [forthcoming], Deloitte Insights, May 2025.
2. Paul Wellener et al., Competing for talent: Recasting perceptions of manufacturing, Deloitte Insights, 2022.
3. Gartner, “What Are Industry Cloud Platforms?”, Gartner.com, November 16, 2023.
4. Tim Gaus, et al., “Industrial DataOps and Unified Namespace.” Deloitte Development LLC., 2024
5. John Coykendall et al., Taking charge: Manufacturers support growth with active workforce strategies, Deloitte Insights, 2024.

## 執筆者

### Tim Gaus

Smart Manufacturing Business Leader  
Principal, Deloitte Consulting LLP  
tgaus@deloitte.com

### Jimmy Asher

Smart Factory CTO  
Managing Director, Deloitte Consulting LLP  
jjasher@deloitte.com

### Michael Schlotterbeck

Industrial Products and Construction Leader  
Principal, Deloitte Consulting LLP  
mschlotterbeck@deloitte.com

### Brian Zakrajsek

Smart Manufacturing  
Specialist Leader, Deloitte Consulting LLP  
bzakrajsek@deloitte.com

## 謝辞

各領域のスペシャリスト陣であるDeloitte Consulting LLPのJason Bergstrom、Lindsey Berckman、Stavros Stefanis、Rohini Prasad、Alex Bredemus、Leslie Koff、Chris Culver、Chris Como、Jon TiddとZachary Drewに、そして本レポートの作成と発行において重要な役割を果たした、Deloitte & Touche LLPのJason HuntとAnne Robbinsに、感謝を捧げる。みなさんから貴重な洞察をいただいたおかげで、非常に高い質と深度を備えたレポートを作成できた。

## 発行人

### 赤坂 直樹

産業機械・建設セクターリーダー  
合同会社デロイト トーマツ  
パートナー  
naoki.akasaka@tohatsu.co.jp

### 杉本 勝宏

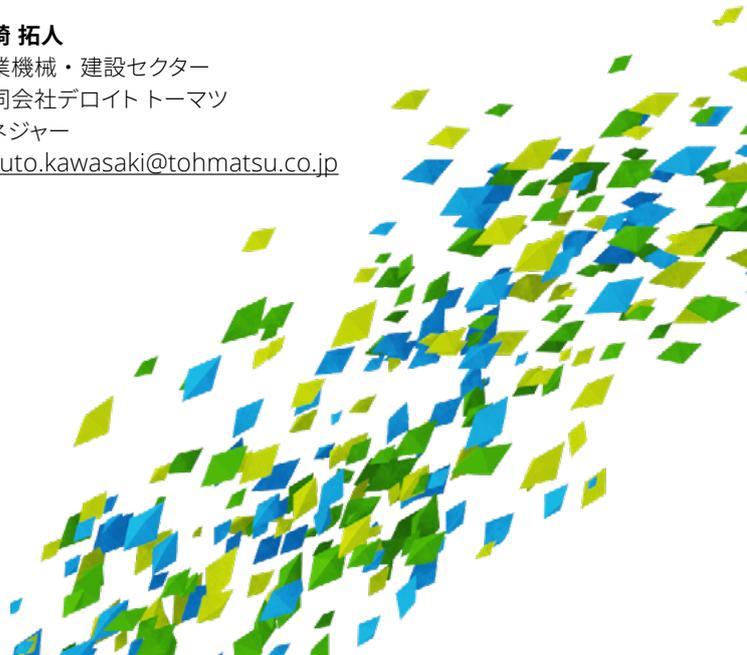
産業機械・建設セクター  
合同会社デロイト トーマツ  
シニアスペシャリストリード  
katsugimoto@tohatsu.co.jp

### 芳賀 圭吾

産業機械・建設セクター スマートファクトリーイニシアチブリード  
合同会社デロイト トーマツ  
パートナー  
khaga@tohatsu.co.jp

### 川崎 拓人

産業機械・建設セクター  
合同会社デロイト トーマツ  
マネジャー  
takuto.kawasaki@tohatsu.co.jp



# Deloitte.

## デロイト トーマツ

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイトネットワークのメンバーである合同会社デロイト トーマツ グループならびにそのグループ法人（有限責任監査法人トーマツ、合同会社デロイト トーマツ、デロイト トーマツ税理士法人およびDT弁護士法人を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従いプロフェッショナルサービスを提供しています。また、国内30都市以上に2万人超の専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツグループ Web サイト、[www.deloitte.com/jp](http://www.deloitte.com/jp) をご覧ください。

Deloitte (デロイト) とは、Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“Deloitte Global”)、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”)のひとつまたは複数指します。Deloitte Globalならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体であり、第三者に関して相互に義務を課しまたは拘束させることはありません。Deloitte Global およびその各メンバーファームならびに関係法人は、自らの作為および不作為についてのみ責任を負い、互いに他のファームまたは関係法人の作為および不作為について責任を負うものではありません。Deloitte Global はクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は [www.deloitte.com/jp/about](http://www.deloitte.com/jp/about) をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドは保証有限責任会社であり、Deloitte Global のメンバーファームです。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィック における100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ベンガルール、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、ムンバイ、ニューデリー、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte (デロイト) は、最先端のプロフェッショナルサービスを、Fortune Global 500® の約9割の企業や多数のプライベート（非公開）企業を含むクライアントに提供しています。デロイトは、資本市場に対する社会的信頼を高め、クライアントの変革と繁栄を促進することで、計測可能で継続性のある成果をもたらすプロフェッショナルの集団です。デロイトは、創設以来180年の歴史を有し、150を超える国・地域にわたって活動を展開しています。“Making an impact that matters” をバース（存在理由）として標榜するデロイトの約46万人の人材の活動の詳細については、[www.deloitte.com](http://www.deloitte.com) をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“Deloitte Global”)、そのグローバルネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびそれらの関係法人（総称して“デロイトネットワーク”)が本資料をもって専門的な助言やサービスを提供するものではありません。皆様の財務または事業に影響を与えるような意思決定または行動をされる前に、適切な専門家に相談ください。本資料における情報の正確性や完全性に関して、いかなる表明、保証または確約（明示・黙示を問いません）をするものではありません。またDeloitte Global、そのメンバーファーム、関係法人、社員・職員または代理人のいずれも、本資料に依拠した人に関係して直接または間接に発生したいかなる損失および損害に対しても責任を負いません。Deloitte Global ならびに各メンバーファームおよび関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。

Member of  
Deloitte Touche Tohmatsu Limited

© 2026. For information, contact Deloitte Tohmatsu Group.



IS 669126 / ISO 27001



BCMS 764479 / ISO 22301

IS/BCMSそれぞれの認証範囲はこちらをご覧ください  
<http://www.bsigroup.com/clientDirectory>