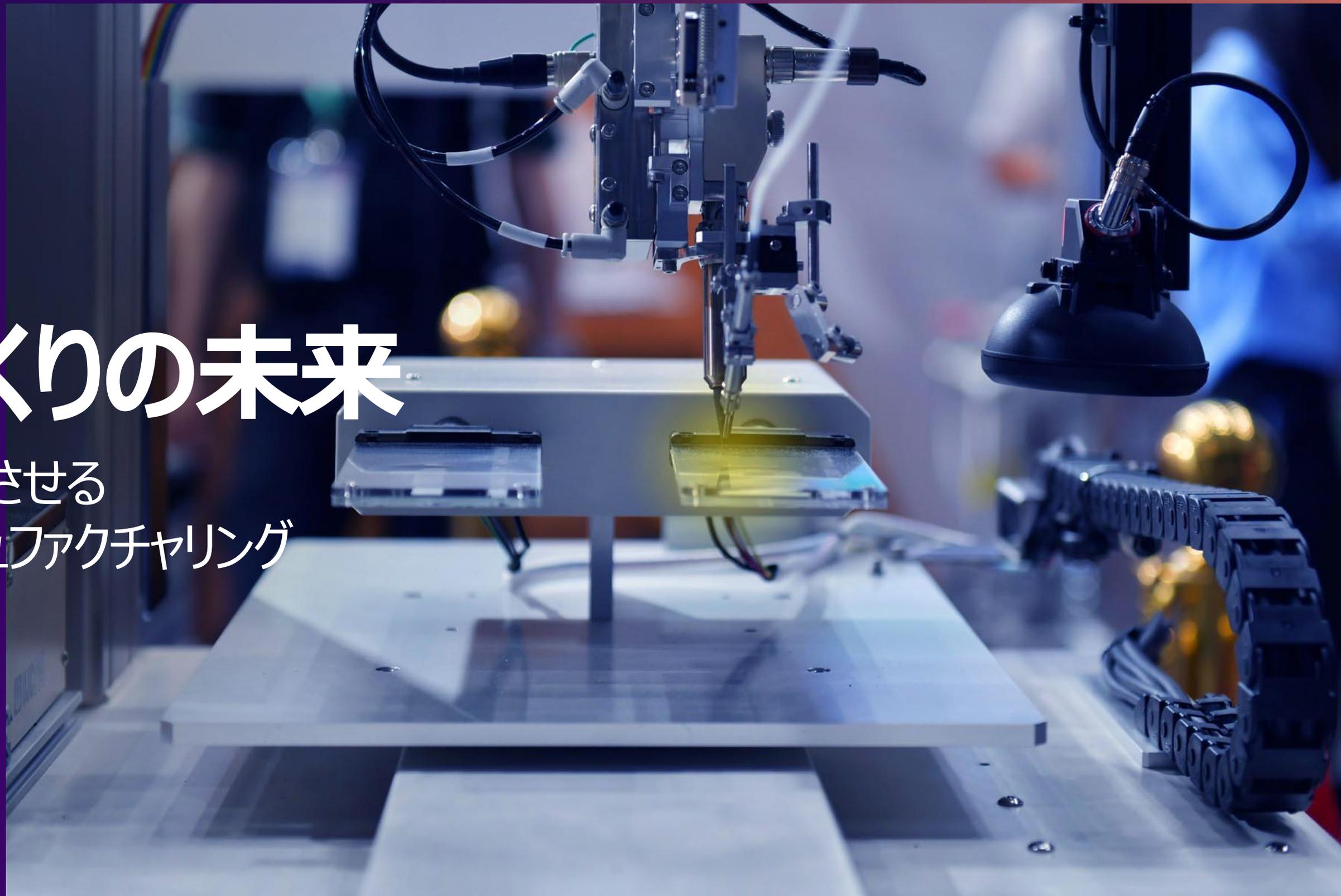


モノづくりの未来

成長を加速させる
スマートマニュファクチャリング

accenture

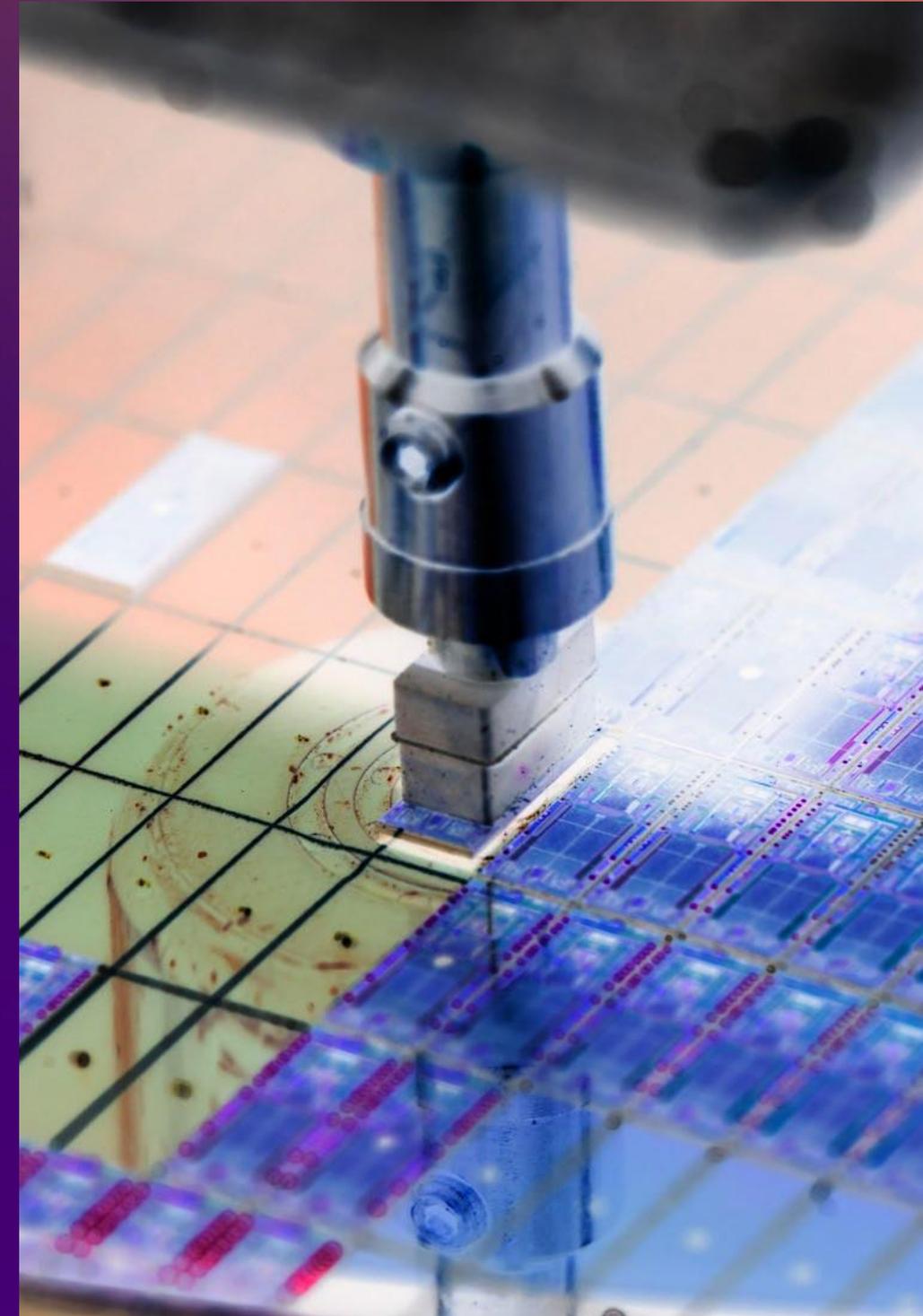


概要

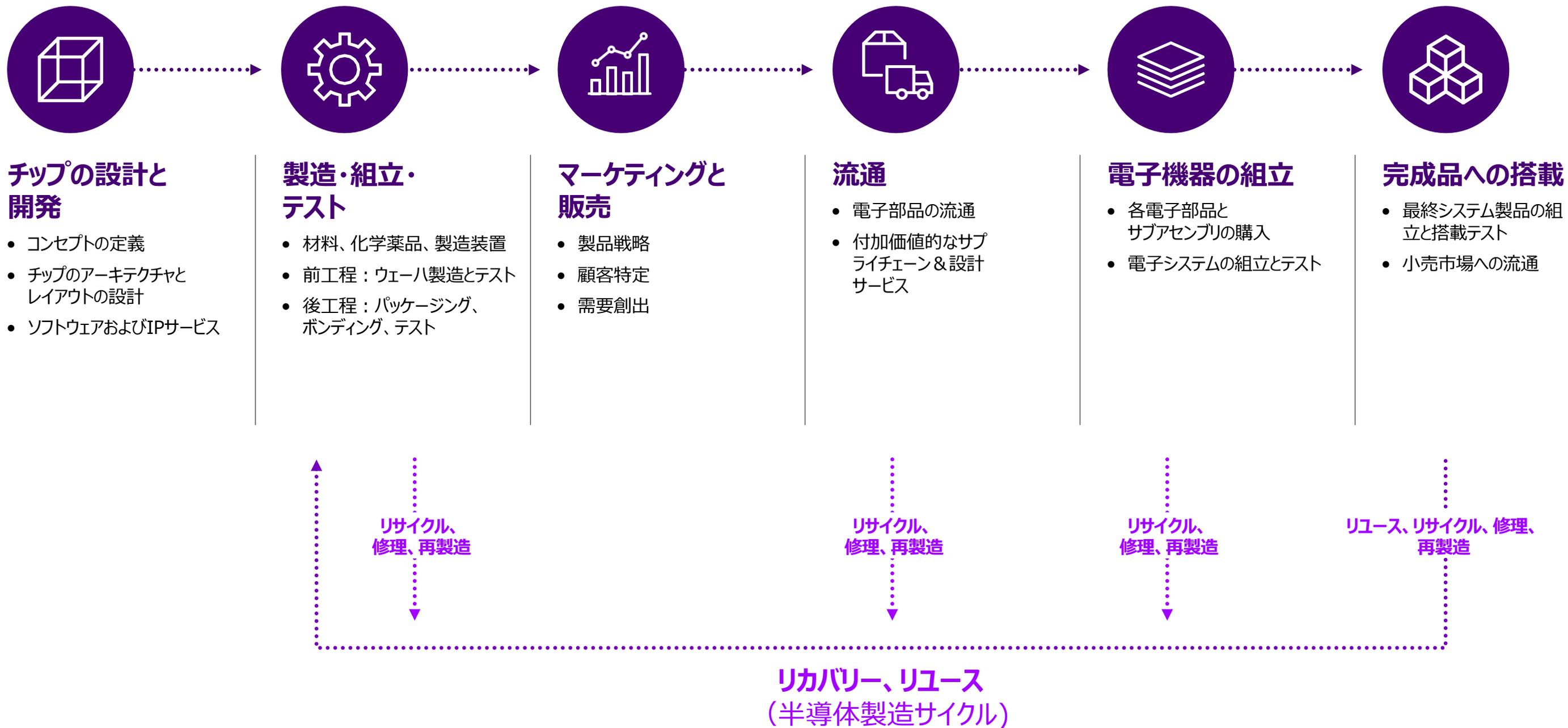
テクノロジーイノベーションが急速に進む中、モノづくりの現場が、絶えず適応やイノベーション、変革を繰り返すことはもはや当たり前な今日となっています。拡張現実をはじめ、IoT、AI、自動車、5Gといった新たな高成長分野を、発展を遂げるための大きな機会として捉えています。また、日常生活のあらゆる場面でコンピューティングが浸透している中想定される需要の伸びにも対応していく必要もあります。

しかしその一方で、モノづくりの現場は厳しい現実にも直面しています。複雑性や規模、ばらつきといった問題を背景に、さまざまな重要課題のバランス維持を余儀なくされています。たとえば、操業費の抑制、サプライチェーンの堅牢性の維持、プロセスの統合、スループットの改善、完璧な品質、サイクルタイムの最小化といったさまざまな重要課題を抱えています。さらには規制の強化や、競争の激しい環境下で競争を意識したプレッシャー、さらにサステナビリティの実現といった課題も合わさることで、変化に速やかに順応することが不可欠になっています。

では、最先端のイノベーションの実現、オペレーションの最適化、持続可能な価値創出といった最優先課題を、どのように達成すればよいのでしょうか？その答えは、エンドツーエンドのサプライチェーンでデジタルテクノロジーを活用する、真のデジタル基盤を活かした未来のスマート工場の実現と言えるでしょう¹。



半導体業界のバリューチェーン



主な課題と優先事項

モノづくり現場とエコシステムのポテンシャルを100%引き出すには、従来の形から脱却し、近代的なテクノロジーへの進化を遂げなければなりません。そのためには、モノづくり現場とエコシステムのうち、大きな課題に直面している領域にフォーカスしていく必要があります。そこでアクセンチュアは、7つの重要な領域を明らかにしました：



人とスキル

米国半導体工業会がオックスフォード・エコノミクスと共同実施した調査によると、工場の新設によって米国内で約20万人の雇用創出と、年間250億ドルの経済効果が期待できることが明らかになりました²。にもかかわらず、SEMIの最近の調査では、経営幹部の82%が優秀な技術者が不足していると回答しており³、この事実が業界全体の生産性にマイナスの影響を及ぼしていることがうかがえます。デジタルスキルを持った人材の需要が高まるなか、モノづくりの現場は適切な専門知識／技術を持った適切な人材を獲得するか、進化し続けるデジタルテクノロジーを製造やオペレーション、品質管理に活用するスキルを従業員が身につけられるよう教育することが重要になります。人とスキルの領域では、テクノロジーを基盤に一元管理されたコラボレーティブな学習／トレーニングデジタルセンターを構築し、人材のアップスキルやリスキルを大規模に実行することが、重要な優先課題となっています。



設計

微細化が進むことで回路設計はますます複雑化しており、結果として回路のシミュレーションや最適化、検証により多くのリソースが必要になっています。半導体業界は、設計費の上昇、シリコンプロセスや設計ルールの完成度不足、品質や歩留りの目標達成に至るターンアラウンドタイムの増加といった数々の課題に直面しています。また、物理設計の検証はマニュアル作業を含むため、コストが著しく増大し、時間がかかるという問題もあります。先端プロセス製品の設計に際しては、高いR&DコストとROI（投資利益率）のバランスを取る必要もあります。設計の領域では、ジェネレーティブデザインツールを用いたプロセスの自動化はマストと言っても過言ではなく、さらにAIを活用した設計の成功率向上や性能改善、コスト回収期間の短縮も視野に入れなければなりません。



製造

工場におけるウエハ製造は非常に大きな資本を必要とする上、7nm未満の高度なノードの開発は、製造費がさらにかさむ原因にもなります。とはいえ、新たなプロセス技術を開発して、製造フェーズに展開するまでには相当な時間がかかります。また一貫性のない設計戦略は、歩留やスループットが異なる複数のチップを、様々な制約を考慮しながら単一のパッケージに集積することを難しくします。さらに、チップの小型化がますます進むことで、今後はムーアの法則にも限界が生じ、これらの課題が一層複雑化する恐れがあります。



品質

新たに高度なノードチップを製造するには1,000を超える工程が必要になります。酸化膜形成、メタル、エッチングなど、工程のどこかでミスが起これば、性能の低下やチップの不良につながります。また、自動車や医療機器、IoTといった業界では、長期にわたって極めて高い信頼性が保証されたチップが求められます。しかし、既存の光学検査ツールでは不良を確実に検知することができません。したがって、品質の領域では高度な機械学習とアナリティクス、およびAI機能を備え、相互接続されたツールや機器、プロセスによって、リアルタイムで欠陥やプロセスドリフトを検知できることが重要です⁴。



プランニング

コロナ禍はチップ不足を招き、半導体メーカーを含むさまざまな業界に連鎖的に影響を及ぼしています。実際、チップ不足が原因で、多くの半導体はリードタイムが1年以上延びています。半導体製造では何種類もの直接材料と間接材料を、いくつもの国や地域にまたがった複雑なサプライヤーネットワークから調達しなければならない上、予算を立てて工場を新設するには5年以上かかります。今後は供給側の厳しい圧力、品質の問題、価格変動といった要因も重なり、サプライチェーンのディスラプション(混乱)が起こる可能性があります。半導体製造の世界では、柔軟性と俊敏性に優れたサプライチェーンへの変革が急務となっています⁵。



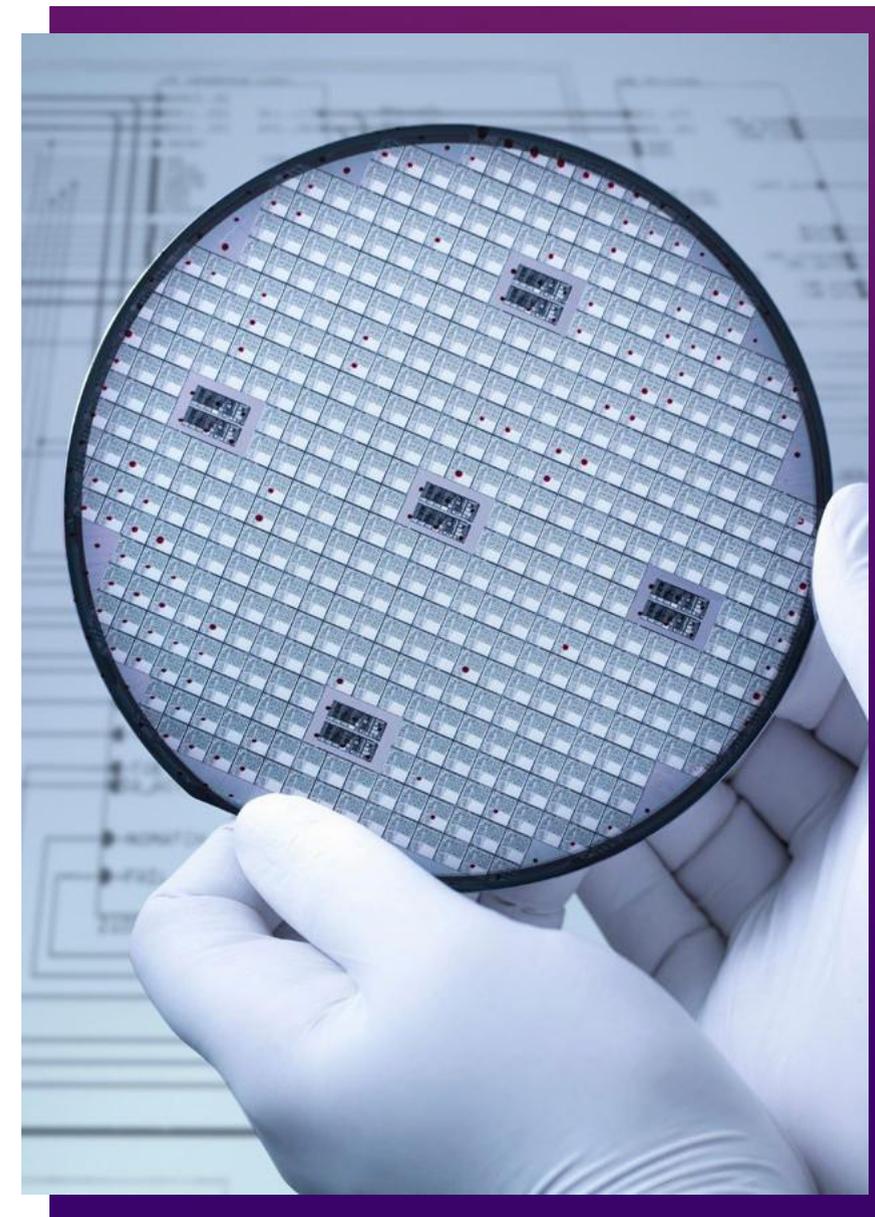
パッケージング

半導体製造にイノベーションが起きた結果として、パッケージングもさらに複雑化しています。マルチチップパッケージにより、コスト、サイズ、性能、消費電力の最適化が可能になり、モバイルコンピューティングや自動車、5G、AI、AR/VR、IoTといった分野への対応が容易になりました。しかし、従来のパッケージ設計ツール/メソッドでは新しいパッケージング要件に応えるのが困難なため、設計チームはシステム全体の検証と最適化を余儀なくされています。業界全体として、3Dモデリング、プロトタイピング、デジタルツインの領域で大きな進化を遂げ、高度なパッケージングソリューションを実現することが求められています⁶。



サステナビリティ

情報・コンピューティングテクノロジーは、2030年までに世界のエネルギー需要の20%を占めるまでに拡大するとみられています⁷。半導体メーカーは排出が多いとされてきた自動車などの業界よりもカーボンフットプリントが大きいことが分かっており、国連大学の調査によれば半導体チップが耐用年数内に消費するエネルギーの50%は、半導体メーカーに起因しています。さらに、半導体製造プロセスは大量の水消費と化学物質の排出に対する責任も負わなければなりません。そのため、スマートなコネクテッドプラントを構築すれば、電力消費量や排出量、水使用量を追跡し、適切に管理できるようになります。



モノづくりの未来 – インダストリー 4.0の実現

上述した数々の課題は確かに重大ですが、克服できないわけではありません。デジタルテクノロジーを活用することで、モノづくりの現場はこれらの障害を乗り越え、イノベーションと成長を実現することができます。

私たちは、未来のモノづくりの現場がどのようなものかをまとめたデジタルフレームワークを策定しました（図1を参照）。このフレームワークは建設、オペレーション、保守の全フェーズでエンドツーエンドのバリューチェーン最適化を図るための包括的なアプローチを示したもので、マニュファクチャリング・コラボレーション・タワーを軸に真のビジネスバリューを創出することができます。

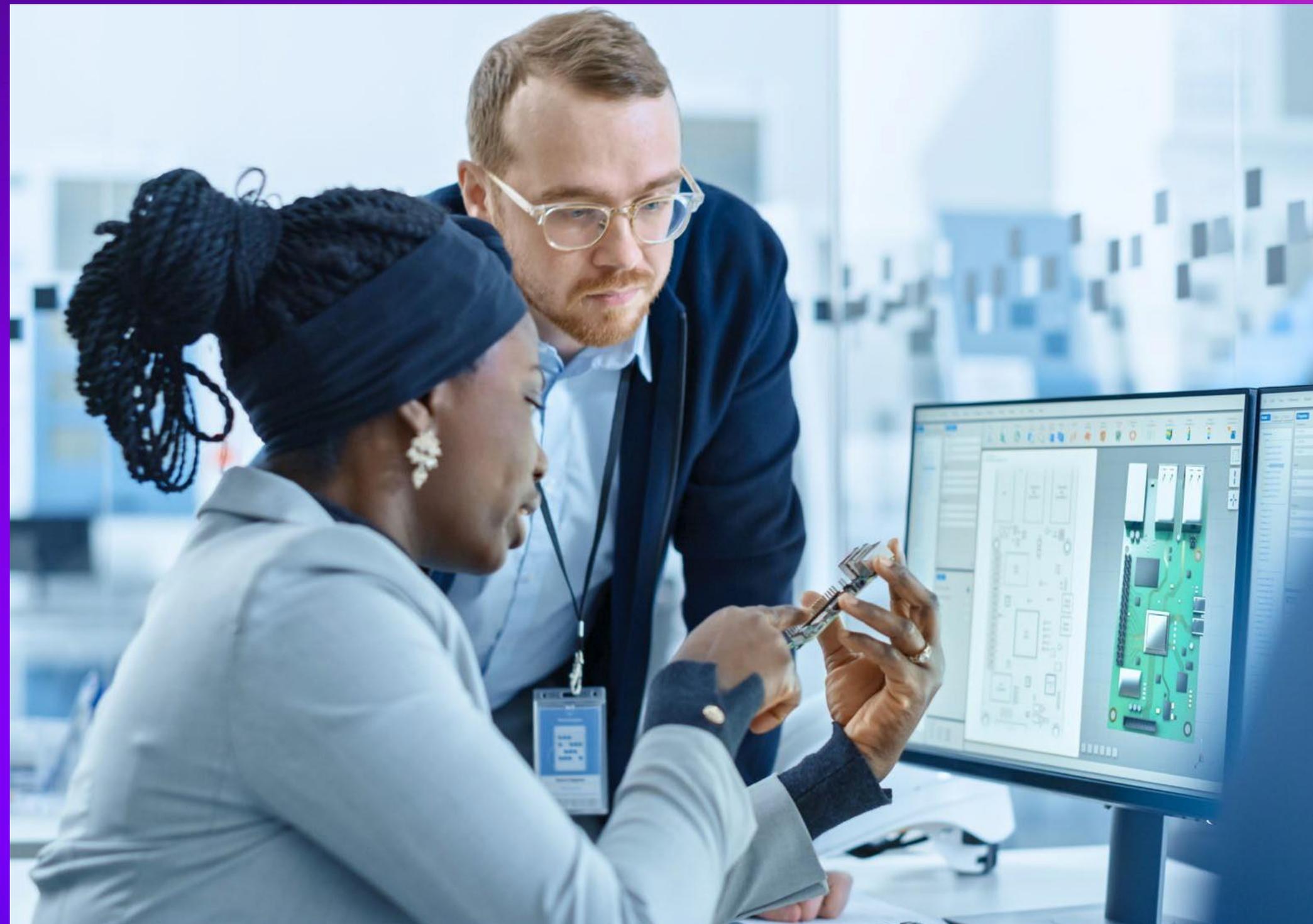
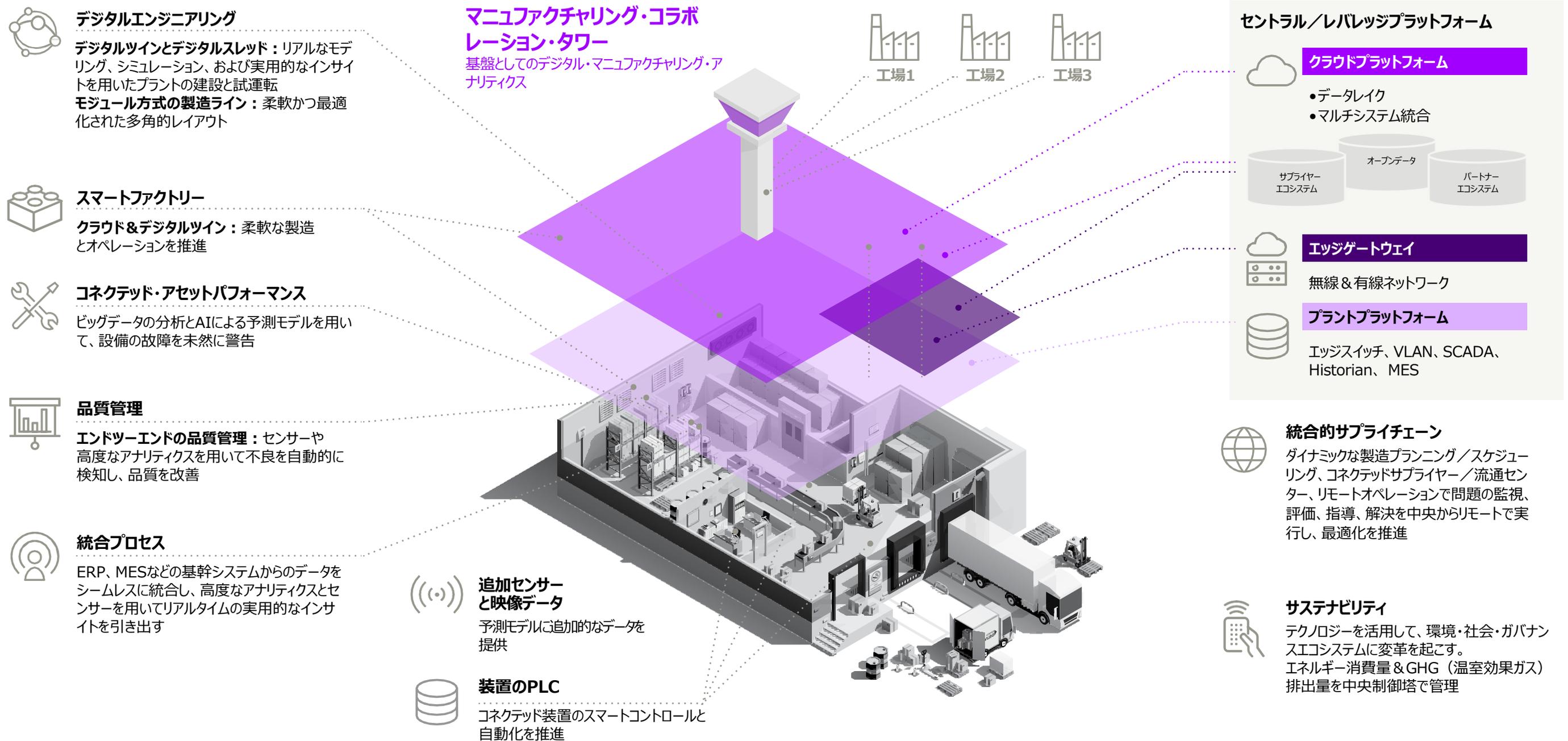


図1：モノづくりの未来を構築するフレームワーク



スマートな建設

工場の建設フェーズにデジタルを活用すれば、コネクテッドシステム／プロセス、スマートレイアウト、効率的なプランニング、そして製造バリューチェーンのあらゆるポイントで統合的なインサイトを獲得し、デジタルDNAを一層容易に埋め込むことができます。このフェーズで工場にとって最も重要なデジタルソリューションは、デジタルエンジニアリング（デジタルスレッドとデジタルツイン）です。

デジタルエンジニアリング - デジタルスレッドとデジタルツインが工場の構築プロセスで果たす役割

適切なデジタルツイン／デジタルスレッド戦略を策定することで、工場プラントには新たに広大な機会領域がもたらされます。

デジタルスレッドは、工場のオペレーションバリューチェーン（酸化、コーティング、エッチング、メタライゼーション）を横断してプロセス同士を結び付けます。これを基層としてデジタルツインを構築します。

デジタルツインは、工場の実環境のデジタルモデリングとシミュレーションを行い、工場のプロセスとシステムを仮想的に構築／試運転し、そこから得た情報を実装工程に適用します。仮想的なプラントシミュレーションと製造プランニングは、製造施設での材料フロー計画の改善や、製造プロセスの動的ボトルネックの正確な検知、スループットの改善、エネルギー消費量の最適化に役立ちます。組立オペレーションのシミュレーションは、ロボット経路の構築と最適化、および製造装置の効率的な配置を可能にします。デジタルツインを使えば実際のコントローラーまでの製造プロセスをモデリング、

シミュレーション、検証することができ、関連する機器類、生産セル、製造ラインのインタラクションを監視、コントロール、最適化することができます。

また、デジタルツインを基盤とするジェネレーティブデザインツールと機械学習を活用すれば、工場の設計プランを策定／最適化できます。最適化されたデザインジェネレーターを使い、過去のプロジェクトで得たデータや知識、カスタマイゼーション要件、業界横断的なベストプラクティス（パフォーマンスメトリックス、プロセス要件、ロケーション、予算など）をもとに、工場を設計する際の初期データを入力することが可能です。

デジタルエンジニアリング - モジュール方式の製造ラインと、柔軟で最適化された多角的レイアウト

データドリブンのハイブリッドモデリングとシミュレーションを、デジタルエミュレーターで行う高度なプラントレイアウト・モデリングソリューション（2D/3Dの工場レイアウト）を使うことにより、最適化された柔軟で多角的なレイアウトのプラント、モジュール方式の製造ライン、省エネ設計、持続可能な製造プロセスを実現できます。高度なモデリングソリューションでモジュール方式の製造ラインを設計し、実際の建設工程に移る前にプロセスの統合や検証を行うことができます。これにより、頻繁な製造要件の変更への迅速な対応をはじめ、遅延リスクの最小化、最適品質とオペレーション効率の維持、最適なプラントレイアウトの実現を可能にします。



インテリジェントなオペレーションと保守

オペレーションと保守をデジタル化すると、非常に大きなメリットが得られる可能性があります。また、多様な機会を捉えられるようになり、デジタル工場の力を最大限に引き出せるようになります。スマートオペレーションとスマート保守を支援する主なデジタルソリューションを、いくつか以下に示します。

クラウドとデジタルツインを基盤とした、柔軟な製造とオペレーションを実現するスマートファクトリー

クラウドは半導体業界ではすでにおなじみのテクノロジーです⁸。実際、クラウドはゲームチェンジャーとして異業種のディスラプターの台頭を後押ししてきましたが、工場へのクラウド導入状況はと言えば、セキュリティやイノベーション能力の問題により進捗が遅れているのが実情です。

しかし、現在は安全で成熟した、カスタマイズされたエンタープライズレベルの工場向けクラウドソリューションが存在します。工場は柔軟でロケーションに依存しない、スマートな製造のためにクラウドを活用すべきであり、これによりバリューチェーンの透明性を高め、可視性とサービス消費のメトリックスを向上させます。クラウドならリアルタイムでデータにアクセスし、主なビジネスメトリックスを分析できるため、リソース効率の向上やコスト管理にも効果的です。さらに、クラウドを活用してイノベーション能力を高めれば、信頼性とイノベーションのスピードを最大化することも可能です。

工場は柔軟でロケーションに依存しない、スマート製造の実現を目指してクラウドを活用すべきです。

管理工程に統合プラットフォームを提供するクラウド基盤のスマートファクトリーは、処理時間やステージング、材料管理に関する意思決定を迅速化し、究極的には段取変更やレイアウト、ルーティングを含む製造プロセスを自動化することによりスループットを最大化します。クラウドを活用してデータを保存／分析し、サプライヤーやベンダーが容易に情報を入手できるようにできるほか、複数のサイトでビジネスプロセスを標準化し、よりインサイト駆動の製造／パフォーマンス分析を行えるようになります。また、高度なアナリティクスとAIを用い、クラウド上で製造プロセスの分析と連携を行えば、製品やエンジニアリングに関する貴重なインサイトを引き出し、製品開発や製造品質の改善につなげることも可能です。

工場のオペレーションと保守に仮想的製造モデルを採用することで、スループットや歩留り、品質、コストを最適化しながらターンアラウンドタイムを短縮できます。

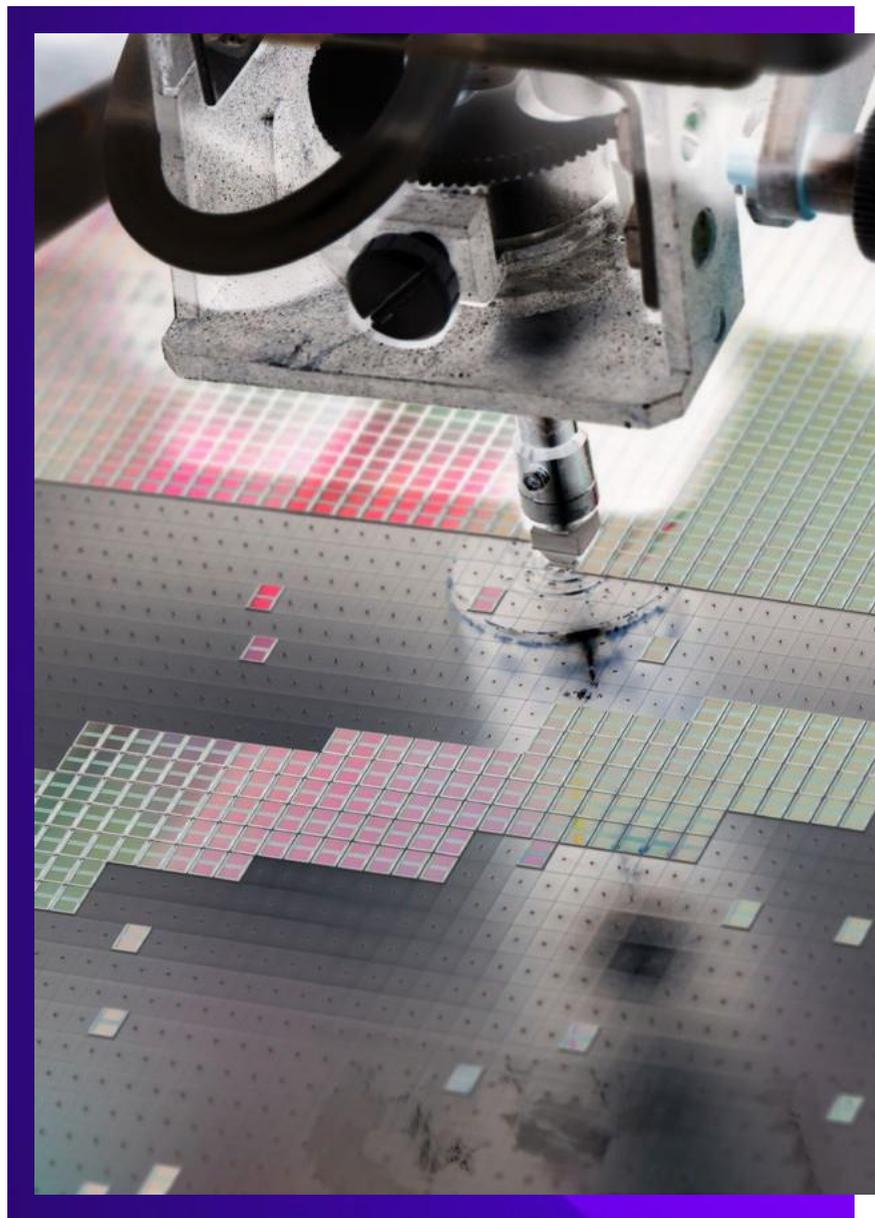
工場のオペレーションと保守にデジタルツインを導入することも、未来のスマート工場を目指す上では欠かせません。デジタルツインを使った⁹新製品開発のリアルなシミュレーションとテストは、設計フェーズの初期段階で有益な情報をいち早く提供し、材料挙動の最適化、集積化、高度なパッケージングを可能にします。また、リアルタイムで製品や製造プロセスを仮想モデリングできるデジタルツインは、高価な半導体装置の状態や製品、製造環境に関するインサイトも提供します。

仮想テストとシミュレーションを行うことで、総合設備効率（OEE）を改善し、リソースと保守の管理プロセスを拡張できます。また、オペレーションと保守に仮想的製造モデルを適用して、スループットや歩留り、品質、コストを最適化し、ターンアラウンドタイムを短縮化します。

エンドツーエンドの品質管理で不良を自動検知し、品質を改善

プロセスがますます複雑化し、急速なイノベーションによって頻繁な変更を余儀なくされ、サプライチェーンの地理的分散化が進む中で、エンドツーエンドの品質管理と品質保証は工場におけるプロセスの各工程に欠かせない重要な取り組みになっています。AIドリブンのリアルタイムモニタリング、プロセス統合、内蔵アラームを活用することで、品質のばらつきや不良を早期に自動検知することが可能になります。

また、センサーベースの追跡、各工程の自動検証、データ可視化、アナリティクスといった機能も欠かせません。設計サービスからマスク製造、ウェハ製造、バックエンドサービス、パッケージングに至るエンドツーエンドのライフサイクルにこうした機能を導入すれば、予防的な監視、潜在的な故障モードの早期発見、故障モードの影響解析、統計的な工程管理の改善、計測システムの正確な分析、継続的な改善による最適化といったメリットを得られます¹⁰。規制強化された各業界内で、次世代の有望顧客に最良のサービスを提供するために、品質面で高いレジリエンスを確保できる工場に進化することが、今や不可欠となっています。



予知保全と処方的保全で、設備の使用可能時間とライフサイクルを最適化する

高度なアナリティクス、AI、MLを基盤とする統合ソリューションは、設備の状態をリアルタイムで監視し、オペレーションチームに必要な事前対策を知らせます。シームレスなシステム統合により、利用／入手可能な全データを用いるアナリティクスエンジンをコアに据えたソリューションが理想的で、たとえば以下を実現できます¹¹。

- **設備の障害予測**：高度なアナリティクス技術とMLアルゴリズムにより、重要な装置や「ボトルネック」となる装置の障害イベントをモデリング・予測することができます。
- **Root Cause Analysis (RCA) の自動化**：アナリティクスにより、障害の根本原因、対象設備の詳細なパーツ、障害の発生理由と発生確率を特定し、より高度な分析と検査を支援します。

- **予知保全と処方的保全**：高度なシミュレーションとアナリティクスにより、人が行った場合と同程度の精度と信頼度で復旧活動を処方、あるいは復旧活動を自動化することができます。これにより、人的エラーの可能性を排除するとともに、設備の使用可能時間とライフサイクルを最適化します。

- **設備パフォーマンス管理**：センサーで設備を連携させることで、設備パフォーマンスのリアルタイムデータを提供し、ボトルネックの特定と迅速な問題解決を支援します。

さらに、AR/VRウェアラブルソリューションが障害の影響を受けた装置を特定し、正確な保守を容易に実現するステップ・バイ・ステップのガイドを提供します。

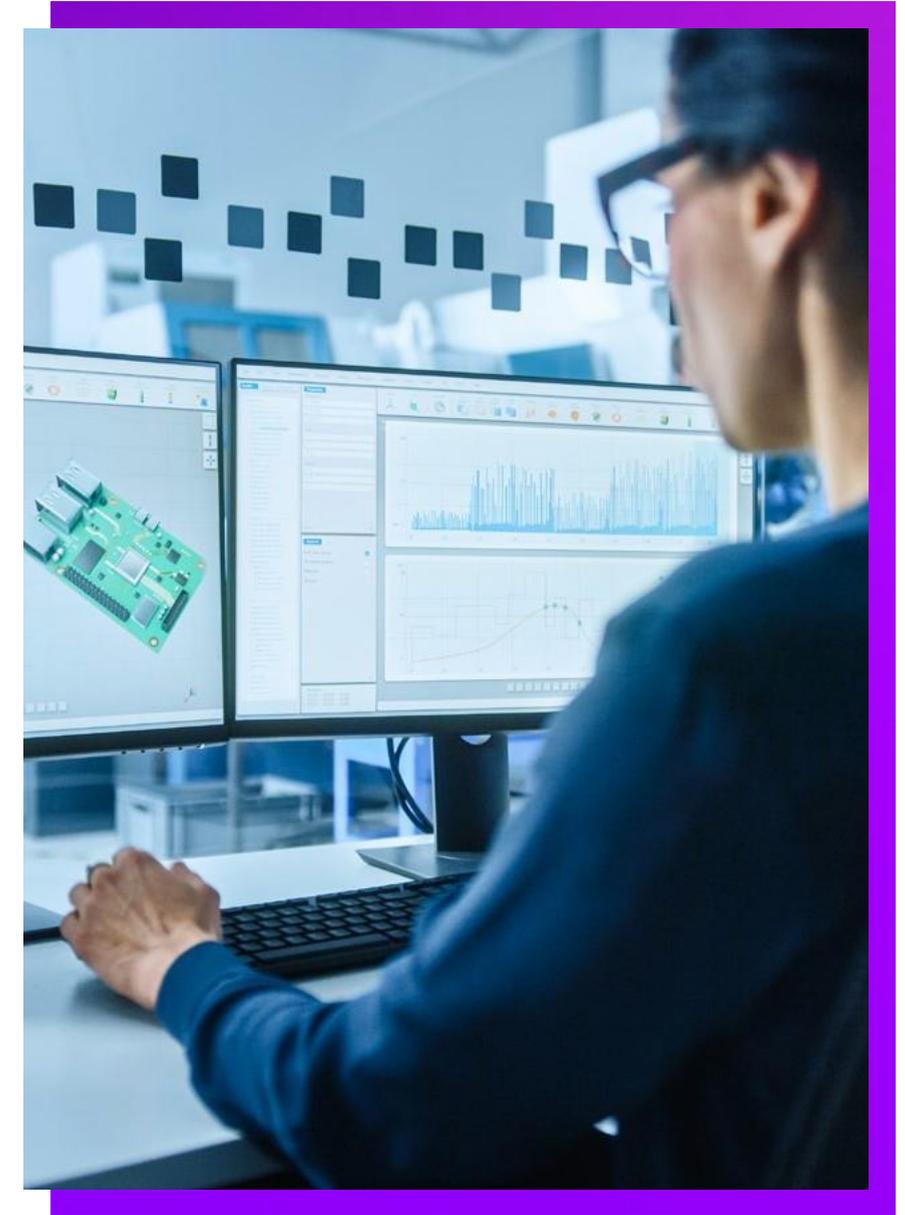
ERP、MESなどの基幹システムを使い、統合的プロセスからインテリジェントなインサイトを引き出す

オペレーションとプランニングを自動化した場合のポテンシャルを100%引き出すには、システム／アプリケーションをシームレスに統合し、レガシーなプロセスフローを再設計する必要があります。ERP（統合基幹業務システム）やMES（製造実行システム）といった基幹システムのデータを用い、スマートセンサーやAI、高度なアナリティクス、クラウドといった最先端デジタルテクノロジーとのシームレスな自動統合を実現することで、実用的かつ直感的なインサイトをリアルタイムに生成できます。工場はこれらのインサイトをもとにクラス最高の製造オペレーション、プランニング、スケジューリング、パッケージング、時間・場所を問わない出荷の定義、監視、管理、実行、文書化を行うことができます¹²。

サイロ化されたシステムとプロセスを排除するシームレスな統合は、効率性やスループットを改善しながら、コスト削減、迅速な意思決定、オペレーションの信頼度向上、リードタイムの短縮、ばらつきの最小化など、品質を保証する上で欠かせません。

統合サプライチェーンを使ったエンドツーエンドのサプライチェーン・オーケストレーション

バリューチェーン全体に高度なアナリティクスを実装することで、販売／オペレーションプランニング、材料調達、在庫管理、サプライヤー管理、ロジスティクスといった領域のインサイトを獲得し、可視性を向上できます。また、ロジスティクス領域のサプライヤーネットワークを最適化し、工場のコントロールタワー経由で遠隔オペレーションを実行できるようにもなります。総体的にサプライチェーンへのアナリティクス導入には市場投入時間を短縮し、需給計画のレジリエンスを高めるという効果が期待できます。



ネットゼロ排出とサーキュラーエコノミーのための持続可能な製造

製造プロセスの持続可能性は、工場の運用のあらゆるフェーズ（建設、オペレーション、保守）でとりわけ重要です。工場の持続可能性の目標には、テクノロジーを原動力として活用し、環境・社会・ガバナンス（ESG）エコシステムで変革を加速化させることが含まれます。デジタルテクノロジー、コネクテッドセンサー、組み込みKPI、直感的なライブダッシュボードを組み合わせ、これをイノベーションとコラボレーション基盤とし、持続可能性のための施策のプランニング、実行、監視、分析、最適化を目指すことが可能です。これを戦略からオペレーション、サプライチェーンに至るまで全社的に適用すれば、エンドツーエンドの持続可能なシステムとプロセスを実現し、ビジネスバリューの創出も期待できます。デジタルはプロセスの監視、制御、自動化の真の原動力となり、環境問題や気候変動の問題への対応を支援します。

たとえば、カーボンニュートラルなコンピューティングや、カーボンフットプリントの削減、省エネ、水消費と排水の管理、産業廃棄物管理、健康／安全管理、その他の天然資源の保全に役立てることができます。さらに、エネルギー消費とGHG排出のセンタコントロールを行えば、自社の持続可能性のイニシアチブに関連した正確なレポートの作成、可視性の向上、実用的なインサイトの獲得が可能になり、エネルギー消費や排出、水消費、排水管理をはじめとする持続可能性関連の課題への対応を推進することができます。

デジタルはプロセスの監視、制御、自動化の真の原動力となり、環境問題や気候変動問題への対応を支援します。

サイバーレジリエンス

モノづくりの未来は運用の全フェーズにおけるサイバーレジリエンスの確立にフォーカスし、サイバーインシデントの予防的な監視およびサイバーセキュリティ関連のコンプライアンス管理を徹底しなければなりません。製品、プロセス、プラントのすべてが繋がった環境では、プラント建設の初期段階からサイバーセキュリティを全社に浸透させ、バリューチェーン全体とプラントのライフサイクルステージ全体に対して年中無休の包括的なセキュリティを適用する必要があります。スマートアクセス管理、堅牢なファイアーウォール、セキュアなリモートアクセス、ITセキュリティの脆弱性管理、統合的な脅威モニタリング、包括的でプロアクティブなサイバーレジリエンス継続計画に基づく修正・復旧の実践こそが、モノづくりの未来のセキュリティと安全を確立します。

未来のモノづくりの絵姿

業界をリードする半導体企業の前には、数々の課題だけでなく、大きな成長の機会もあり。半導体企業は「未来のコネクテッド工場」を目指すことの重要性を認識しています。

しかも、多くの半導体企業は未来へのビジョンを掲げながら現時点で入手可能なソリューションを用い、スマート工場の建設・展開に向けた明確な取り組みをすでに推進しています。この変革ジャーニーの途上において、半導体企業は図2に示した「モノづくりの未来」を目指すための8つの必須要件を達成していかなければなりません。8つのうち、特に2つの必須要件は極めて重要なため、ここで改めて触れます。

図2：モノづくりの未来がインダストリー4.0を実現するための必須要件



デジタルエンジニアリング：デジタルツインとデジタルスレッド、モジュール方式の製造ライン、それらがモノづくりの未来で果たす役割



スマートファクトリー：クラウドとデジタルツインを基盤とした、柔軟な製造とオペレーションの実現



エンドツーエンドの品質管理：不良を自動検知し、品質を改善



予知保全と処方的保全：設備の使用可能時間とライフサイクルの最適化



統合プロセスから得られるインテリジェントなインサイト：ERP、MESなどの基幹システムの活用



製造プロセスの持続可能性：環境・社会・ガバナンスエコシステムの変革



デジタル・マニュファクチャリング・アナリティクス：半導体製造の主な価値創出源に関する実用的なインサイト



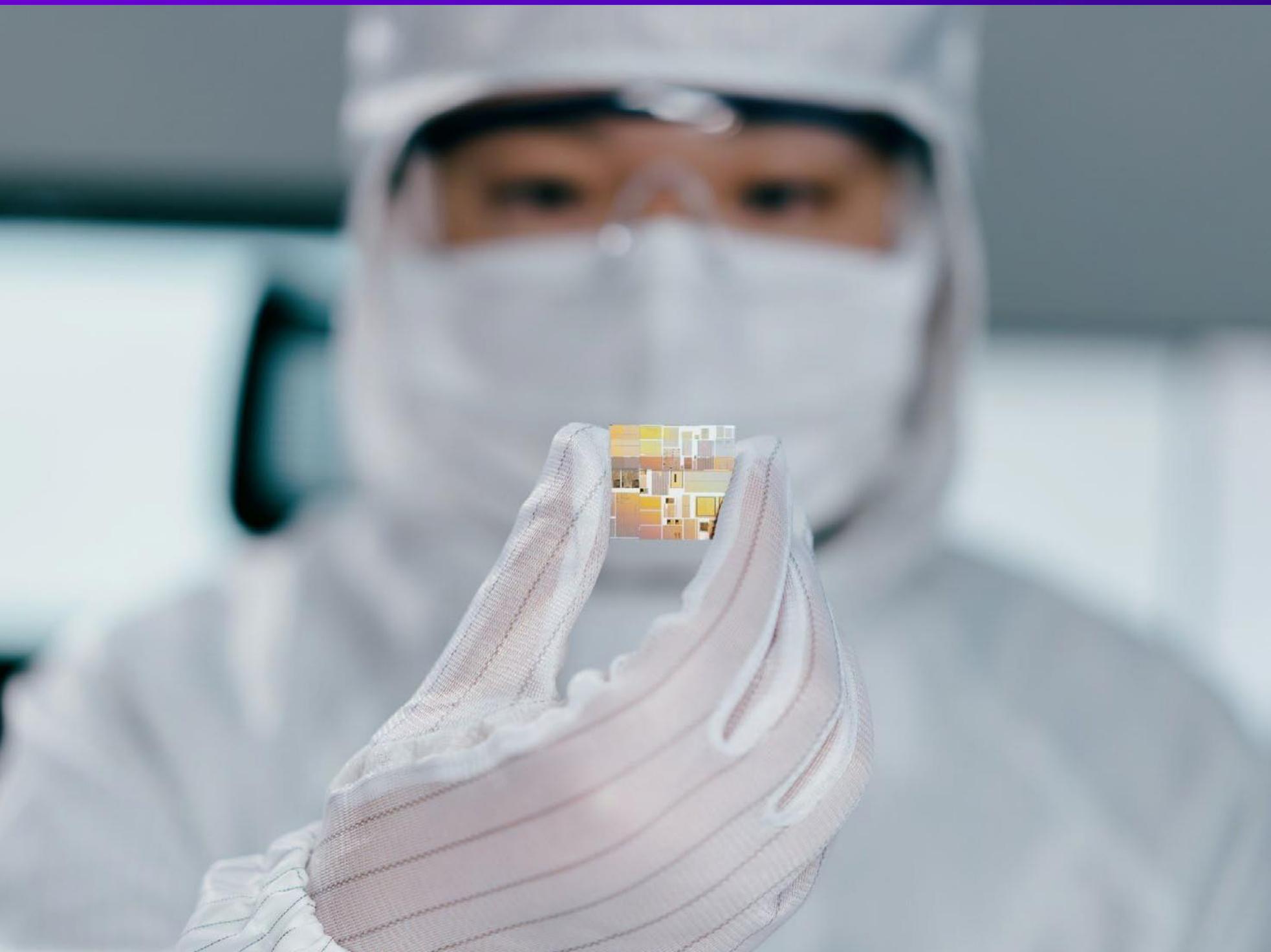
マニュファクチャリング・コラボレーション・タワー：エンドツーエンドの製造プロセスをシームレスに可視化、インテリジェントな意思決定

可能性は無限大です。

1つめは**デジタル・マニファクチャリング・アナリティクス**で、これが残る7つの必須要件を達成し、最大限の成果を引き出す上で欠かせないものです。デジタル・マニファクチャリング・アナリティクスは、すべてのデジタルソリューションの中核的な能力として構築することで、半導体製造の主な価値創出源に対する実用的なインサイトの獲得を支援します。たとえば、設備パフォーマンス（総合設備効率：OEE、FDCデータ）、製造品質（メトロロジと欠陥率）、歩留り（多変量解析とテスト時間の削減）といったインサイトが得られます¹³。さらにベイズ統計学、AIアルゴリズム、セマンティックレイヤーといった機能がデジタルソリューションとインフラ構築を支援し、ウェハーコストの削減、歩留りのばらつき削減、使用可能時間の向上、減価償却／資本投資の最適化、全体的な機械稼働率の改善を後押しします。

さらに重要なポイントとして、デジタル・マニファクチャリング・アナリティクスは2つめの必須要件である**マニファクチャリング・コラボレーション・タワー**の基盤としても機能します。工場は、社内の製造オペレーションをエンドツーエンドでプロアクティブに管理／制御することができなければなりません。また、社外の設計、バックエンドサービス、パッケージングインターフェースとの信頼性の高い効率的な協働も重要です。マニファクチャリング・コラボレーション・タワーは、クラウド、高度なアナリティクス、AI、実証済みのシミュレーションモデルを用いて、建設、オペレーション、保守のフェーズをエンドツーエンドで監視し、統合的なビューと実用的なインサイトを提供して製造オペレーション全体の最適化を促します。

また、未来のコネクテッド工場を通じて新たな効率性を実現し、設備パフォーマンス指標のリアルタイムの可視化、製造／品質データの自動収集、KPIの可視化、OEE改善のためのアナリティクス、予測インサイトの獲得、予防的なリスク管理を可能にします。こうした包括的なビューにより、工場はより効果的に需要、供給、製造、保守のプロセスを管理し、材料・設備の効率利用、コスト削減、工場の混乱を最小化することができます。



チップがデジタルディスラプションの主な原動力となり、ビジネスの世界と消費者の日常に欠かせないものとなっている今、モノづくりの現場は目の前にあるもの、そしてまだ出現していないものも含め、大きな成長の機会を享受しています。

しかし、この機会を生かすためには、モノづくりはビジネスとエコシステム全体で発生し、対応能力の妨げとなっているいくつかの課題の解決に取り組まなければなりません。そのために進むべき道が、デジタルテクノロジーです。デジタルテクノロジーは工場が設計、製造、品質、プランニング、パッケージングのプロセスを変革しながら、持続可能性に優れたビジネスを推進することを可能にします。これにより工場は、テクノロジーの無限の可能性を追求することができます。

出典

- ¹ Accenture research
- ² Chipping In: The Positive Impact of the Semiconductor Industry on the American Workforce and How Federal Industry Incentives Will Increase Domestic Jobs – Semiconductor Industry Association (semiconductors.org)
- ³ Engineering Talent Shortage Now Top Risk Factor (semiengineering.com)
- ⁴ <https://semiengineering.com/defect-challenges-grow-for-ic-packaging/>
- ⁵ <https://hbr.org/2021/02/why-were-in-the-midst-of-a-global-semiconductor-shortage>
- ⁶ <https://www.eetimes.eu/5-keys-to-next-generation-ic-packaging-design/>
- ⁷ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-08/the-chip-industry-has-a-problem-with-its-giant-carbon-footprint>
- ⁸ https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/Secure/pdf-no-index-4/Accenture-Cloud-Imperative-Semiconductor-Industry.pdf
- ⁹ <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:763b9c75-0151-49bc-9595-082289e975fe/7795-13-des-oem-ipdf-en-181009-2-150dpi.pdf>
- ¹⁰ https://www.tsmc.com/english/aboutTSMC/quality_and_reliability
- ¹¹ Intelligent PAM whitepaper 0.2 (Accenture)
- ¹² Digital Transformation in Semiconductor Manufacturing, by Sophia Keil, Rainer Lasch, Fabian Lindner, Jacob Lohmer (page 22)
- ¹³ [High Tech - Semiconductor Digital Manufacturing Analytics \(accenture.com\)](https://www.accenture.com/High-Tech-Semiconductor-Digital-Manufacturing-Analytics)

筆者について

Syed Alam

Managing Director – Strategy & Consulting
Semiconductor Global Lead
syed.f.alam@accenture.com

Gopichand Gurada

Principal Director – Strategy & Consulting
Industry X
gopichand.gurada@accenture.com

Amit Kumar

Managing Director – Strategy & Consulting
Industry X
amit.l.kumar@accenture.com

Prasad Satyavolu

Managing Director
Industry X, North America
prasad.satyavolu@accenture.com

アクセントゥアについて

アクセントゥアは、デジタル、クラウドおよびセキュリティ領域において卓越した能力で世界をリードするプロフェッショナル サービス企業です。40を超える業界の比類のなき知見、経験と専門スキルを組み合わせ、ストラテジー & コンサルティング、インタラクティブ、テクノロジー、オペレーションズサービスを、世界最大の先端テクノロジーセンターとインテリジェントオペレーションセンターのネットワークを活用して提供しています。アクセントゥアは67万4,000人の社員が、世界120カ国以上のお客様に対してサービスを提供しています。アクセントゥアは、変化をもたらす力を受け入れ、お客様、社員、株主、パートナー企業や社会のさらなる価値を創出します。アクセントゥアの詳細は <http://www.accenture.com/us-en> を、アクセントゥア株式会社の詳細は www.accenture.com/jp をご覧ください。

アクセントゥアの半導体プラクティスについて

アクセントゥアの半導体プラクティスは、半導体メーカーおよび半導体企業と協働しながら、デジタルディスラプションがもたらす機会の活用を支援しています。また、製品開発や製造、サプライチェーン、ビジネスオペレーションを横断した効率性の最適化もサポートしています。垂直統合型デバイスメーカー（IDM）、IP設計者、ファブレスメーカー、ファウンドリー、装置メーカーから成る半導体エコシステムと強固な関係を構築しており、豊富な経験と深い専門知識を有しています。また、成長戦略、M&A、エンジニアリングオペレーション、シリコンデザインサービス、サプライチェーンオペレーション、システム実装、製造アナリティクスといった分野にも精通し、数々の成果が実証されています。

詳細は <https://www.accenture.com/jp-ja/services/high-tech/semiconductors> をご覧ください。

本書は、アクセントゥアの専門家が一般的な情報提供を目的として作成したものであり、お客様の状況に応じた具体的なアドバイスを提供することを意図したものではありません。本書に記載されている事項についてアドバイスや詳細な情報が必要な場合は、アクセントゥアの担当者にお問い合わせください。

本書では、他者が所有する可能性のある商標について説明のため言及しています。商標についての記載はアクセントゥアが商標の所有権を主張するものではなく、また、アクセントゥアと商標の合法的な所有者との間に関連性があることを意味または暗示するものではありません。また、それらの商標の所有者による本書の内容への保証、承認または同意を意図、明示または暗示するものでもありません。