

デジタルファクトリー化に 関する調査 2022年

デジタルバックボーン、ユースケースと
テクノロジー、組織体制、戦略と
ロードマップ、投資の対象について

www.pwc.com/jp



デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

発行：PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

執筆：Dr Reinhard Geissbauer, Michael Bruns, Jens Wunderlin

2022年6月、62ページ、図表23点

編集者の書面による許可なしに、本書の内容をいかなる形式や手段でも複製・転載、マイクロフィルムへの複写、デジタル媒体への保存・編集することを禁じます。

本書は、当社のクライアント向けの資料として作成されたものであり、記載内容は、発行時点で執筆者が知り得る限りにおいて正確な情報です。何らかの決定や行動を起こす前に、本書に記載されている情報源や連絡先にお問い合わせください。本書の記載事項は、執筆者の意見を反映したものであります。グラフには、端数処理による差異が含まれる場合があります。

危機的状況下における最重要課題： デジタルファクトリー化

新型コロナウイルス (COVID-19) の影響で、既存のサプライチェーンが打撃を受け、納期の大幅な遅れや需要の著しい変動などにより、工業系メーカーはかつてない危機的状況に陥っています。また、東欧の政治的危機によって、既存の生産拠点にさらなる負担が課され、生産量の再分配が求められています。マイクロチップ、電子部品、鉄鋼、基礎材料などの主要材料の不足が、完成品の製造に支障を及ぼし、投入コストを大幅に引き上げています。

このような複合的な経営上の課題に直面している大手製造業者は、オペレーションモデルの見直しと、デジタル戦略における優先順位の転換に迫られており、高い生産柔軟性とレジリエンスを実現できるデジタルソリューションの導入を進めています。このソリューションには、統合運用計画ソリューション、品質・メンテナンス分析、デジタルツイン、または高度な可視性とKPIダッシュボードが含まれます。需要の変動やサプライチェーン構成の変化に対応する能力が重視される中、工場自動化やAIによる効率化向上ソリューションは、デジタル先進企業にとって、依然として最優先課題となっています。

また、デジタルソリューションの活用によって、環境の持続可能性を推進することがますます重要になっており、世界的な環境規制の強化、資本市場からの圧力、消費者の要求の高まりに対応するために、企業は従来の改善策以上のもの (AIベースのエネルギー管理ソリューションの導入など) によってCO₂排出量の削減を達成する必要に迫られています。

700社を超える世界各国の製造業者を対象に「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」を実施した結果、大きな効果を上げている企業（デジタルチャンピオン）は、製造における柔軟性と回復力を促進し、工場レベルでデジタル技術一式を導入して、工場自動化によって運用コストを削減していることが分かりました。

デジタル・ファクトリー・ソリューションを本格導入済み、あるいは現在導入最終段階にある企業はわずか10%で、3分の2に近い企業は、部分的な効果を得ている状態か、デジタルファクトリー化の初期段階に留まっていることが明らかになりました。2016年に実施した第1回調査時の企業の予想と比較して、デジタルファクトリー化は大幅に遅れています。

その理由としては、複雑なシステム環境と、異機種が混在するオペレーション環境、そして生産ネットワーク全体における個々のソリューションの拡張性に対する課題が挙げられます。

また、調査結果は、このようなデジタル・オペレーション・ソリューションには、効率化やコスト削減を目標どおり実現できる相互運用性と拡張性を備えたIT・デジタルバックボーンが不可欠であると示しています。これらは、統合された企業資源計画（ERP）、製造実行システム（MES）、製造オペレーション管理（MOM）、産業用IoT（IIoT）、デジタル製品ライフサイクル管理（PLM）などを含む標準化されたコアITアーキテクチャによってオーケストレーションされています。

大手企業は、標準化されたコアITアーキテクチャと最新のクラウドサービスを組み合わせることに注力する一方で、組み込み型のチームが、柔軟性の高い方法で地域や事業部門単位に特化した実装を推進しています。このような企業は、組み込み型デジタル組織として、システム、ユースケース、テクノロジー、標準を一元的かつ厳格に管理しながら、地域のニーズに合わせてモジュール式ソリューションや部分的なソリューションを可能にする柔軟性を備えた新しい形態のデジタル企業です。

大手企業のデジタルトランスフォーメーション（DX）は、常に人的環境で推進されるため、適切な組織体制が不可欠であり、従業員にはDXに対応できる能力が求められます。

また、DXに積極的に投資している企業は、より高いリターンを得ていることも本調査で明らかになりました。世界全体では、企業はDXに年間1兆1,000億米ドルを投資しており、最もDXに熱心で先進的な企業であるデジタルチャンピオンは、費用対効果と運用柔軟性の向上によって、2桁の利益を生み出しています。

今まさに、100年に1度の転換期を迎えていることが証明されようとしています。DXの推進には、コボット（人と同じ空間で作業できるように設計された協働ロボット）や無人搬送車（AGV）のオペレーションバリューチェーンへの統合から、デジタル計画ツールによる運用柔軟性とレジリエンスの強化に至るまで、アプリケーションとテクノロジーを適切に組み合わせた高機能なITおよびデータインフラが不可欠となります。また、従業員やその他ステークホルダーに対して、DXは決して脅威ではなく、全従業員が適切なスキルを身に付けることによって、個々が成長するチャンスとなることを説得する必要があります。

当調査では、かつてない危機的状況に直面したとき、DXがオペレーションの柔軟性とレジリエンスを構築しながら、オペレーションナルエクセレンスを推進するために選択すべき手段であることが明らかになりました。



Dr Reinhard Geissbauer
PwCドイツ、
パートナー



Michael Bruns
PwCドイツ、
パートナー



Jens Wunderlin
PwCドイツ、
シニアマネージャー



目次

危機的状況下における最重要課題:デジタルファクトリー化	3
A エグゼクティブサマリー	6
B 戦略とロードマップ	8
1. 企業の64%はデジタルファクトリー化の初期段階	9
2. DXにおける優先課題は、効率性向上から柔軟性とレジリエンスへと変化	11
3. デジタルを活用したサステナビリティソリューションの重要性の高まり	13
C 投資の対象	18
1. デジタルファクトリー化への投資は年間1兆1,000億米ドル超—アジアおよび欧州が中心	19
2. 高いリターンを得るには多額の投資が必要—拡張可能なデジタルソリューションの実装には強固な基盤が不可欠	21
F デジタルファクトリー化を成功させるためのポイント	52
手法	57
用語集	59
G 日本企業示唆	60
PwCグローバルネットワーク／寄稿者／謝辞	62

A エグゼクティブサマリー



図表1 エグゼクティブサマリー／主な所見

1. 企業の64%はデジタルファクトリー化の初期段階

調査対象となった世界各国の製造業者の中、DXを完了した、または最終段階にあると回答した企業はわずか10%で、64%の企業が最初のパイロット導入を完了した段階か、それ以前の段階にあり、DX遂行に多大なリソースを必要としています。今こそ、導入に向けた取り組みを強化するときです。

2. DXにおける優先課題は、効率性向上から、柔軟性とレジリエンスへと変化

新型コロナウイルスの感染拡大と欧州における紛争の影響を受けて、より高い生産柔軟性とレジリエンスを実現できるデジタルソリューションの導入が大手製造業者に求められています。不安定なサプライチェーンや、材料不足といった課題に直面しても製品を供給できる能力の必要性が、オペレーションレジリエンスと工場自動化に対する投資を促進しています。

3. デジタルを活用したサステナビリティソリューションの重要性の高まり

法令要件の強化、資本市場からの圧力、グローバルなマインドセットの変化により、持続可能性への投資が進んでいます。デジタルソリューションには、CO₂を削減する輸送・物流システム、製造におけるエネルギー効率の高い資源利用、リサイクル可能な「完全循環型」製品ソリューションの導入が含まれます。

4. デジタルファクトリー化への投資は年間1兆1,000億米ドル超—アジアおよび欧州が中心

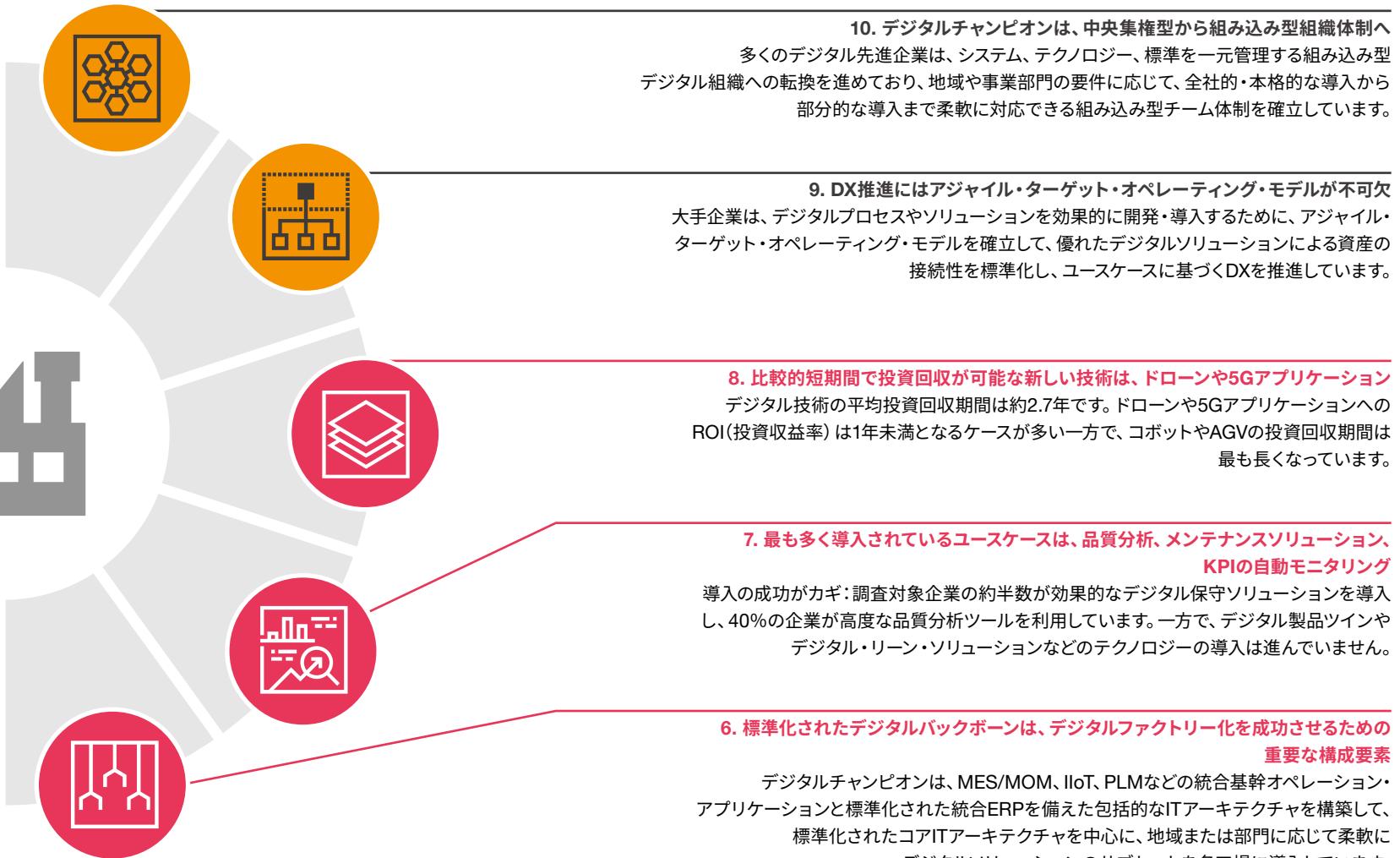
世界のDX投資は年間1兆1,000億米ドル以上に達し、工業系および化学系メーカーによる投資がその大半を占めています。人件費削減効果を求める欧州と、自動化による高品質な大量生産を目指すアジア諸国が主な投資対象となっています。

5. 高いリターンを得るには多額の投資が必要—拡張可能なデジタルソリューションの実装には強固な基盤が不可欠

調査対象企業の4分の1は、純収益の3%以上をDXソリューションに投資しており、2桁の高い利益と速やかな投資回収を実現しています。デジタルファクトリー化は、中途半端な取り組みでは実現できません。焦点を絞った運用および自動化アプリケーションを備えた強固なITとデータのバックボーンが必要です。

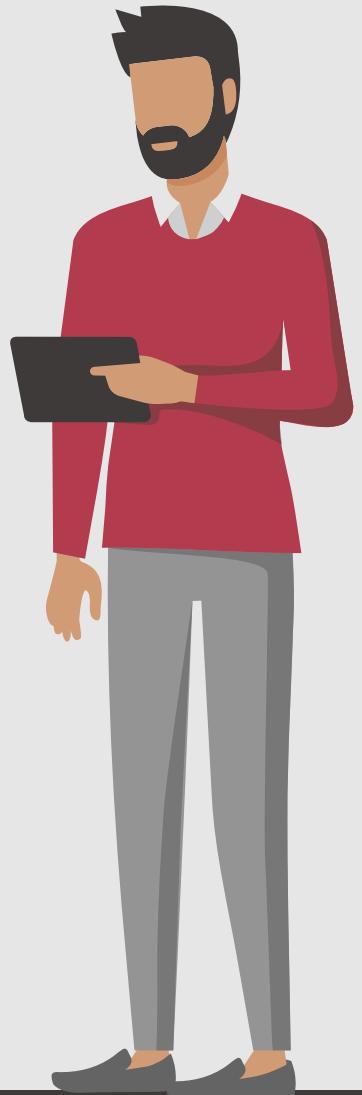


出所: PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年



■ デジタルバックボーン、ユースケース、テクノロジー

■ 組織体制

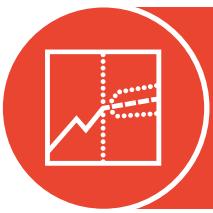


B 戦略と ロードマップ

多くの企業は、DXの初期段階にあり、デジタル施策の規模拡大に対応できていません。

DXは、依然として重要課題ですが、その必要性は変化しています。現在、外的影響などにより、コストや効率性がそれほど重要視されていない一方で、レジリエンスや透明性がDX推進のカギとなっています。また、サステナビリティの重要性が高まっており、今後もさらに重要性が増すと思われます。多くの企業が、DXは、サステナビリティの課題を解決するための重要な手段であることを認識しています。





1. 企業の64%はデジタルファクトリー化の初期段階

DXの実現は容易ではありません。2014年に「PwC, インダストリー4.0調査」を初めて実施した際、大多数の企業がDXのスタート段階にいると回答し、そのうちの80%の企業が、2019年までに垂直バリューチェーンを通じて高度なエンド・ツー・エンド（E2E）のDXを達成する見込みであると述べていました。しかし、この楽観的な見込みはまだ達成されていません。初回の調査から約8年経過した今、「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」の対象となった企業の64%が、まだDXの初期段階に近い状態にあります。

「インダストリー4.0」の概念が生まれてから10年以上経ち、「なぜDXにこれほど時間がかかるのか?」という疑問の声が上がっています。PwCによる広範なリサーチと顧客事例に裏付けられた今回の調査結果では、デジタルチャンピオンとして認められている企業の80%がDXをほぼ完了、または完全に完了しているのに比べ、他の企業は組織、スキル、計画、投資などあらゆる領域でステップアップする必要があることが示唆されています。

以後の章で、DX推進の妨げとなっていると思われる要因について詳述し、デジタルチャンピオンの事例に基づいて、企業が障壁を克服してDXを実現するためのロードマップを提案します。

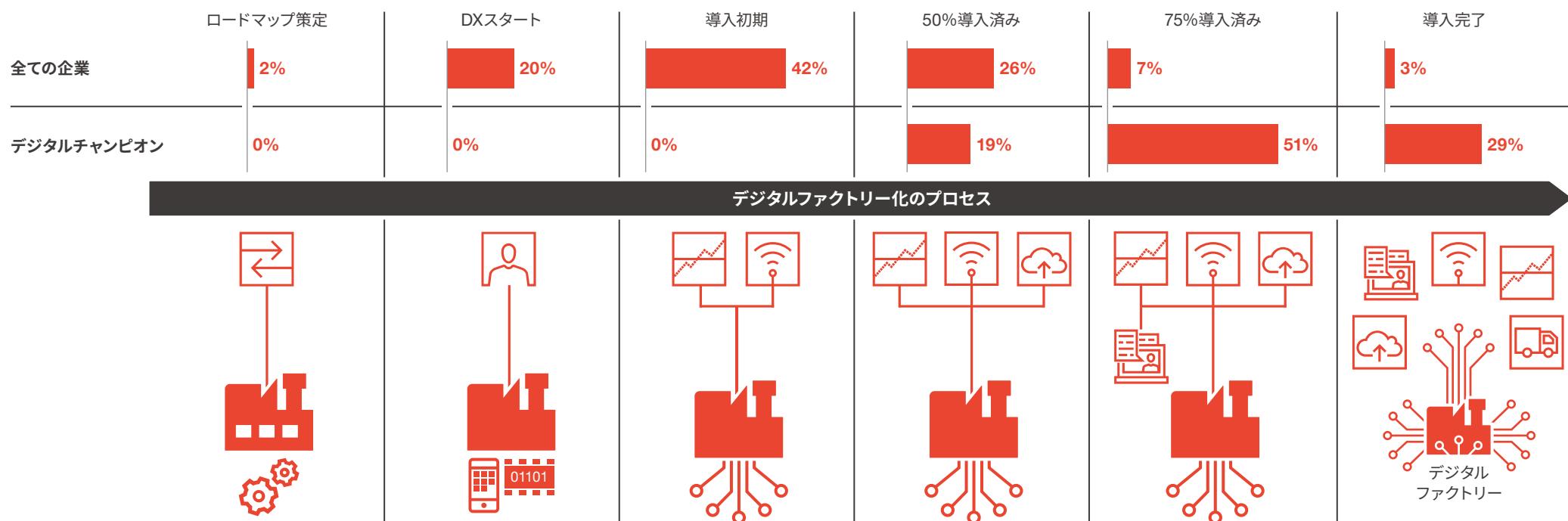
- ▶ DXにはアジャイル・オペレーティング・モデルに対応できる適切な組織体制と高度なデジタルスキルが不可欠です。
- ▶ DXの計画にあたって、まず、拡張性の確保が求められます。
- ▶ 成功要因となるデジタルバックボーン構築、垂直統合、水平統合などには、多額の投資が必要となります。
- ▶ 全社的にDXをロールアウトするためには、システム、プロセス、接続性のさらなる標準化と調和化が求められます。

“

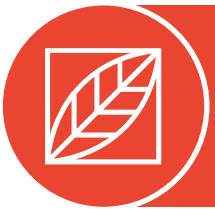
改革に必要なのは勇気です。
概念や細かいROIの計算に
頭を悩ますよりも、厳しい目標を設定し、
スピード感を持って行動するほうが
効果的です。”

グローバル・ハイテク・
エレクトロニクス・
グループ、ITリーダー

図表2 DXの長いプロセス



出所：PwC、デジタルファクトリー化に関する調査 2022年



2. DXにおける優先課題は、効率性向上から、柔軟性とレジリエンスへと変化

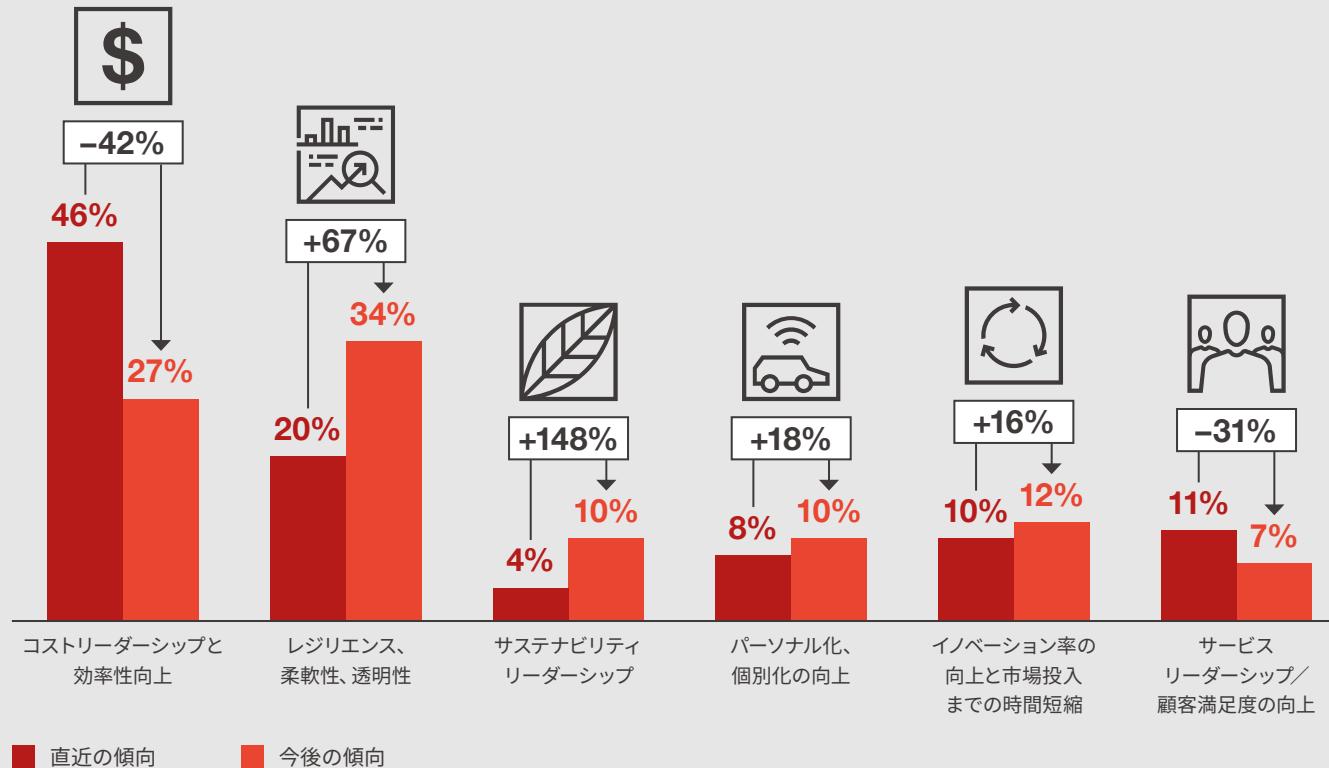
製造業は、かつてないレベルの危機的な状況に直面しています。世界的なコロナ禍の影響による需給の混乱に続き、原材料や重要な完成品の供給不足、インフレ、欧州の紛争が深刻化しています。コストリーダーシップや効率性向上は、もはやデジタルリーダーの主要な戦略目的ではありません。かつてないストレスと不確実性の時代において、危機的状況に直面しても、DXによって、企業の成功に必要な柔軟性とレジリエンスを確保できます。

調査結果によると、2022年にDXの主な推進要因としてコストと効率化を挙げる製造業者の数が40%以上減少しており、レジリエンス、柔軟性、透明性が戦略的優先事項となっていることが明らかになりました。当調査の対象企業の3分の1が、デジタルファクトリー化の主な推進要因としてレジリエンスと透明性を挙げています。製造業の課題としてサステナビリティも浮上しており、サステナビリティをDXの推進要因として挙げる企業は2倍以上に増えています。

混乱の時代には、スピードが重要となります。サプライチェーンの寸断、価格の変動、地政学的な対立に直面した場合、速やかに対応できる能力を構築する必要があります。製造業者は、DXによって、迅速に適応性を強化するためのソリューションを得られることを認識しています。オペレーションをリアルタイムで完全可視化し、**透明性**を向上することが重要になります。危機に際して迅速かつ効果的に対応するには、自社のバリューチェーンにおけるビジネス上の危機の根本的原因を理解しておく必要があります。つまり、システム、プロセス、資産の活用における**柔軟性**の向上によって、企業は製造ネットワーク内で製品を適合し、オペレーションをシフトできるようになります。また、企業は、コストや在庫などを管理しながら、顧客に最高のサービスを提供するために、現在の制約の中で次に何を生産するか、データに基づいて意思決定ができるようになる必要があります。そのためには、システム、技術、プロセスの**標準化**によって、求められるあらゆる対応をシームレス、迅速、効率的、効果的に行わなければなりません。



図表3 新たな優先課題：レジリエンス、柔軟性、透明性



出所：PwC、デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

“

レジリエンスとは、想定外の事態に備えることです。
迅速な対応によって外的ストレスを軽減する必要があります。
それを可能にするのがDXなのです。”

グローバル・ケミカル・
グループ、チーフ・デジタル・
オフィサー



3. デジタルを活用したサステナビリティソリューションの重要性の高まり

「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」で、デジタルを活用した持続可能なソリューションが、企業にとって選択すべき戦略となりつつあることが明らかになりました。デジタルファクトリー化のプロセスの一環として、世界各国のあらゆる産業で、サステナビリティへの取り組みが注目されています。特に、自動車メーカーや製薬会社は、工場レベルでサステナビリティへの投資を増加する傾向にあります。あらゆる産業でサステナビリティの重要性が大幅に高まっています。DXの主な推進要因としてのサステナビリティの重要性は、平均で150%上昇しました。ほとんどの企業にとって、サステナビリティは、コストリーダーシップや市場投入までの時間といった戦略的目標と同等の重要性を持つようになっています。

PwCの他の調査で、サステナビリティの役割が重視されるようになった背景には、4つの推進要因があることが分かりました。顧客の要求は、ますます拡大しています。例えば、PwCの第25回「世界CEO意識調査」では、ネットゼロ（温室効果ガス排出量を実質ゼロにするという目標）のコミットメントのほとんどが、顧客主導であることが明らかになっています。また、「2021年コンシューマー・インテリジェンス・シリーズ」の調査では、83%の消費者が、企業がESG（環境・社会・ガバナンス）のベストプラクティスを積極的に実践すべきだと答えています。

また、人材獲得競争もサステナビリティを推進する要因となっています。PwCの調査によると、86%の従業員がサステナビリティを優先する企業で働きたいと答えています。

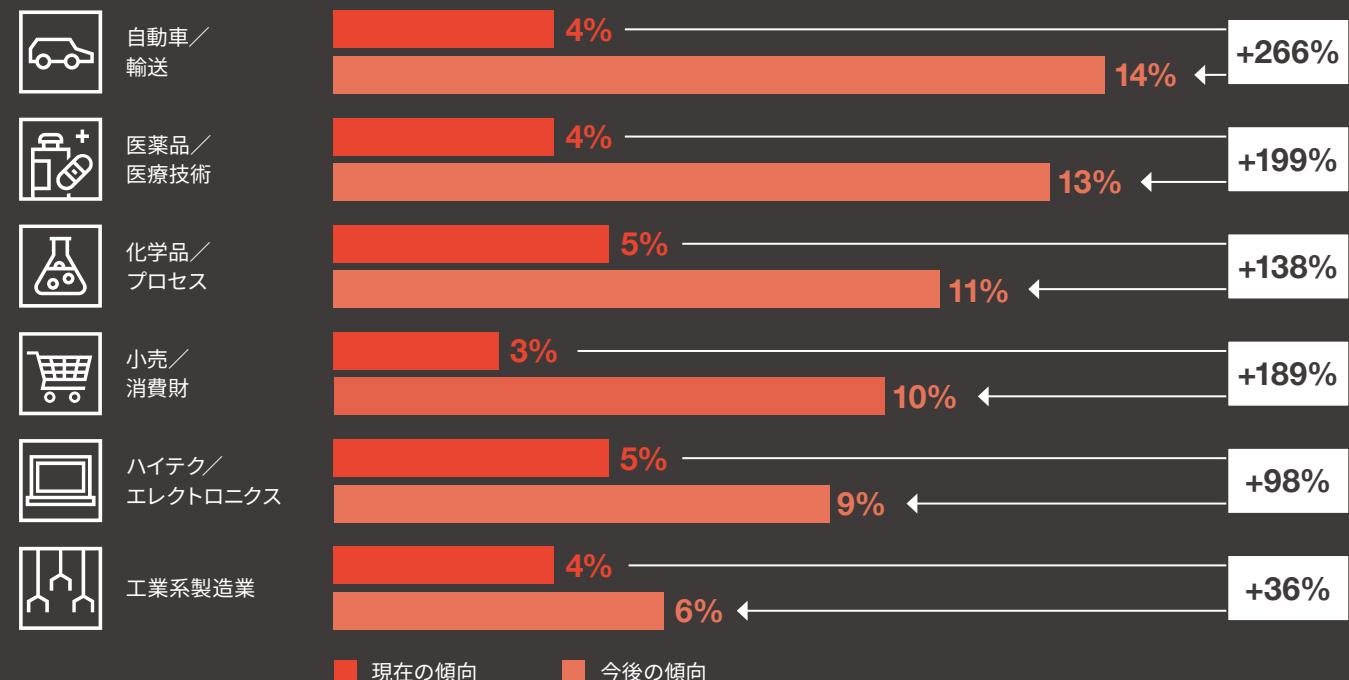
ESG関連資産に対して記録的に高い需要があることも分かりました（2021年第1四半期のEUのサステナブルファンドへの資金流入は前年同期比の18%増）。

規制の圧力は高まっており、現在、ほとんどの経済大国で、2050年またはそれよりも前にカーボンニュートラルを達成することが企業に義務づけられており、企業によるネットゼロ達成は法的に現実的なものとなっています。

このような目標は、バリューチェーン全体にわたってデジタル技術を活用した事業の透明性を求める報告要件を課すものです。例えば、2023年に発効予定のEU企業サステナビリティ報告指令（CSRD）では、既存の非財務報告指令（NFRD）に基づいて現在1万1,600社に課せられている二酸化炭素に関する詳細報告が、4万9,000社に課せられると予想されています。

図表4 あらゆる分野でデジタルサステナビリティへの注目が集中

DXによるサステナビリティの重要性の高まり



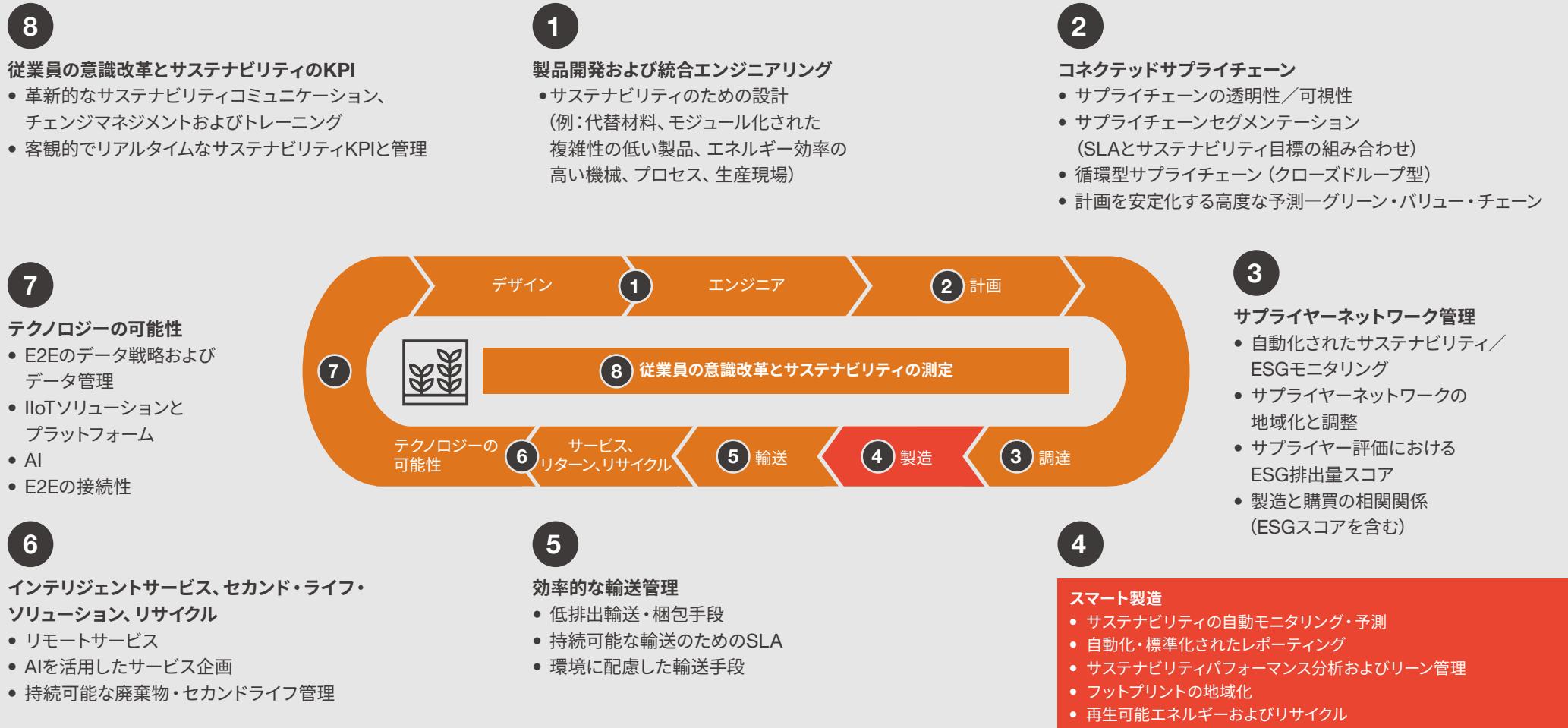
出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

お客様の事例から、現在および将来のサステナビリティに対する期待や要求は、サプライチェーン全体を通じて、デジタル主導のテクノロジーソリューション、適切なプロセス、適切な人材のスキルを組み合わせることによってのみ促進できることが分かっています。

また、DXは、サステナビリティに関連する外部の期待や要求に応えるだけではなく、企業が積極的にDXを推進し、コストを削減し、競争優位性を獲得する手段ともなり得ます。

以下の図は、企業のサステナビリティを向上するデジタルソリューションの成功事例を示しています。サプライヤー、自社生産、サービス、リサイクルまでを網羅していますが、バリューチェーンの各セグメントにはサステナビリティを向上させる複数のデジタルソリューションが存在します。

図表5 デジタル技術を活用したサステナビリティの重要性の飛躍的な高まり



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

“

サステナビリティは、もはや「あればなお良い」ではなく、生き残るために不可欠な要素です。顧客、従業員、投資家、政府、社会は、事業活動が環境や社会にどのような影響を与えるかによって企業を判断するようになったからです。”

Daniela Geretschuber,
PwCドイツ、パートナー





事例紹介

Siemens

Siemensは、サプライチェーン全体の二酸化炭素排出量を追跡しながら、顧客が製品カーボンフットプリント(PCF)を正確に測定し、データを安全に共有できるデジタルソリューションを提供しています。

Siemensは、産業界の自動化とDX、建物のインフラ、分散型エネルギー・システム、鉄道・道路のモビリティソリューション、医療技術に注力するテクノロジー企業です。資源効率の高い工場、レジリエンスの高いサプライチェーン、よりクリーンで快適な輸送手段、高度なヘルスケア技術など、顧客に付加価値をもたらす目的を持つ技術を創造し、現実社会とデジタル社会を融合させ、顧客の産業と市場のDXを支援しています。Siemensグループは、ドイツ国内に125カ所の拠点を持ち、世界190カ国で約29万3,000人の従業員を擁しています。

製造業の脱炭素化は複雑な課題です。排出量の大部分は製造業者の社内プロセスではなく、より広範なサプライチェーンで発生しているため、しっかりとしたデータに基づいたサプライヤーとの連携が排出量削減のカギとなります。しかし、最近まで、サプライチェーンの総カーボンフットプリントを正確に把握するためのソリューションがなく、これを克服することがSiemensの使命でした。

同社は、自動化と産業用ソフトウェアの分野におけるリーディング・テクノロジー・プロバイダーとして、複雑なサプライチェーンで生産される製品の実際の総カーボンフットプリントを照会、算出、共有するPCFソリューションを開発しています。排出量を削減するために、製造業者はサプライチェーン全体で二酸化炭素を発生する全ての場所とレベルを把握する必要があります。

SiemensのPCFソリューションは、デジタルエコシステムを基盤とした排出データ共有の手法です。2つの要素で構成されており、1つはデータ取得ツールSiGreenで、業界平均に基づく推定値ではなく、複数のサプライヤーの複数の地点で実排出量を算出します。

これは、「スコープ3」排出量と呼ばれる、報告の主体となる組織が所有または管理していない活動や資産から生じる排出量です。実データを使用することで、排出量を正確に測定し、管理することができます。

しかし、多くの企業にとって、排出量データは機密情報であり、データ共有には厳格で安全なプロトコルが不可欠です。PCFソリューションのデータセキュリティを確保するために、Siemensは業界横断のネットワークEstainiumを立ち上げ、製造業者、サプライヤー、顧客、パートナーが、それぞれの主要データソースに影響を及ぼすことなく、二酸化炭素排出量データを共有できるようにしました。これが、PCFソリューションの2つ目の要素です。

Estainiumネットワークは、分散型の台帳データアーキテクチャを使用しており、特定の企業のプロセスの機密情報を開示することなく、SiGreenによって生成された全データの真正性を検証できます。暗号化証明書を作成・交換して、情報の信頼性を担保します。Estainiumネットワークでは、機密情報を一切開示することなく、サプライチェーン全体におけるカーボンフットプリントを集計し、信頼性の高いデータを提供します。データは一元的に保存されないため、ネットワークの各メンバーは、データ主権を維持できます。

このソリューションによって、サプライチェーンパートナーとのコミュニケーションの簡素化と、関連する排出量の計算方法の改善が実現し、総カーボンフットプリントをリアルタイムで算出するための作業負荷が大幅に削減されます。また、SiGreenは、製品のカーボンフットプリントを完全に追跡可能にし、製造業者が迅速かつ定量的に削減目標を達成して、クライメートニュートラル（気候中立）な製造と、製造における総合的なサステナビリティの実現につなげます。



C 投資の対象

PwCでは、企業のDX投資は年間1兆1,000億米ドルを超えていると予測していますが、これでは不十分な可能性があります。当調査では、DX投資で高いリターンと迅速な投資回収を実現するには、少なくとも純収益の3%（企業の平均DX投資額より約50%高い）の投資率が必要となることが明らかになりました。





デジタルファクトリー化への投資は年間1兆1,000億米ドル超—アジアおよび欧州が中心

製造業者はDXに対し多額の投資を行っていますが、大多数の企業はDX目標に対してあまり進展していないことが、当調査で明らかになりました。

調査対象の6業種の企業は、今後数年間で年間純収益の1.8%相当の投資を計画していますが（PwCの最近の調査結果と比較すると、投資額は大幅に増加している）、当調査では、投資額の増加とリターンの増加に強い相関関係が認められており、一部の企業には投資率の引き上げが求められる可能性があります（詳細は次章を参照）。

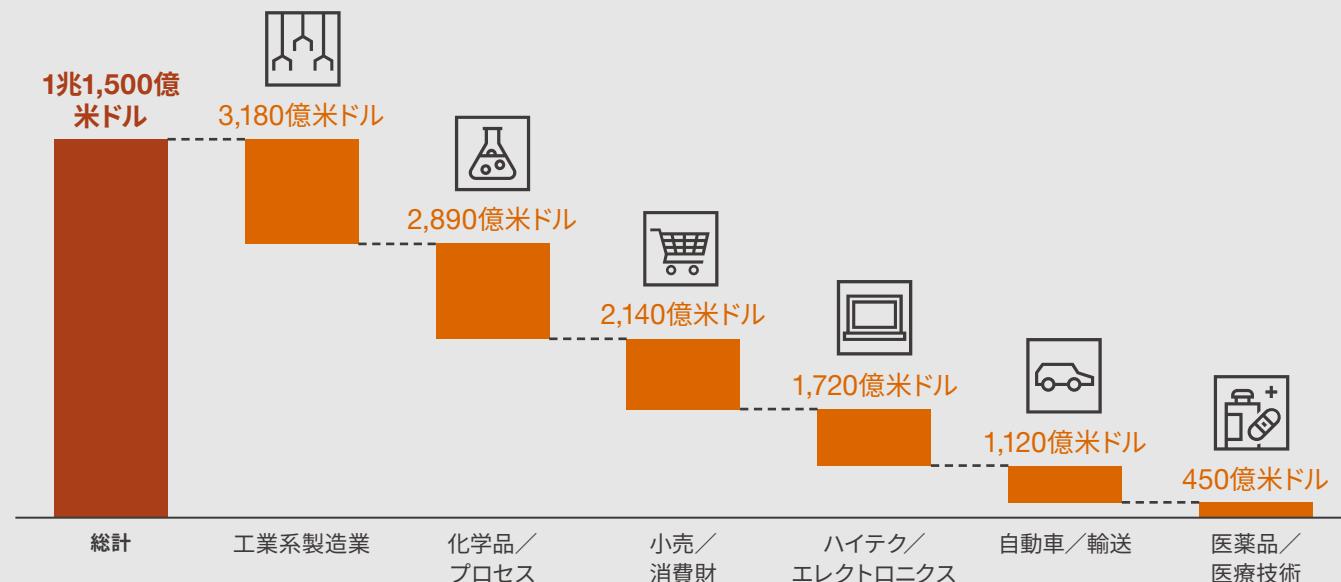
現在の投資率は、業界を問わず一貫しており、全業界の平均投資額は、年間純収益の1.6~1.9%となっています。顧客企業からは、世界的なコロナ禍によって、デジタル技術が、オペレーション上の外的な圧力への対応策の選択肢の1つであると改めて認識したという声が上がっています。

年間の平均DX投資額：
純収益の

1.8%

図表6 業種別総投資額

主要6業種におけるグローバルなDXに向けた支出



出所：PwCインダストリー4.0：デジタルエンタープライズの構築／デジタルファクトリー化に関する調査 2022年／IHS Markit

“

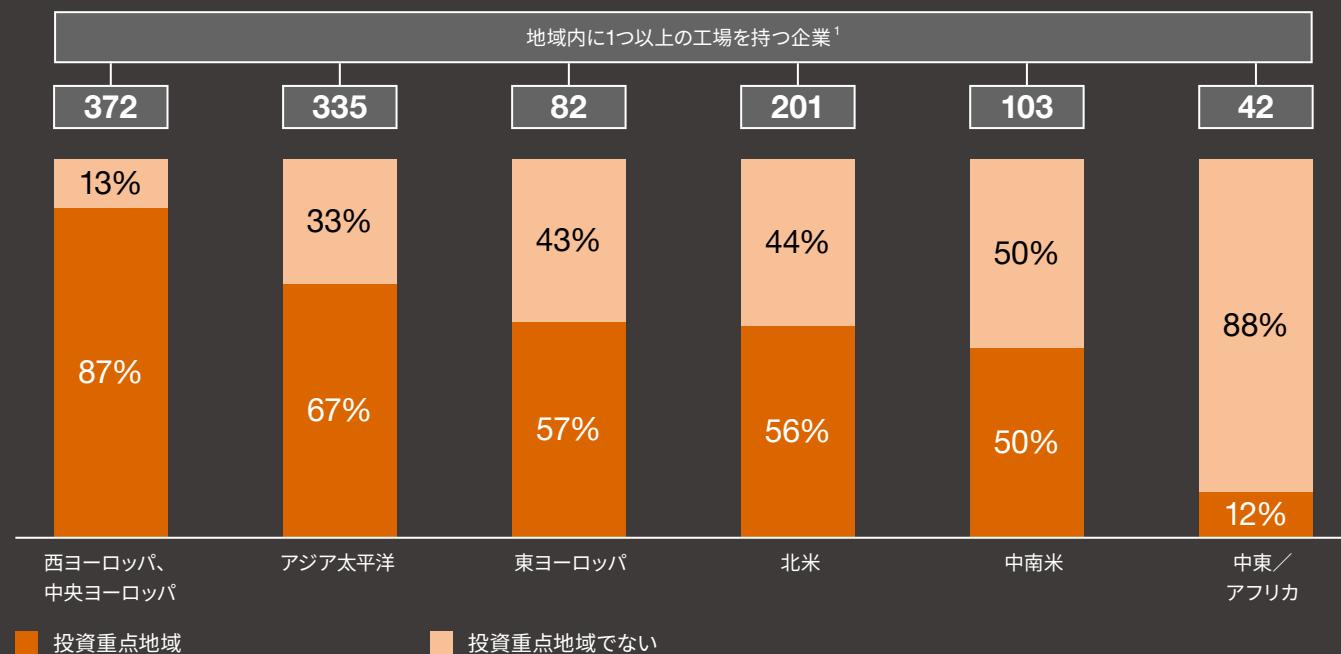
世界的なコロナ禍の影響は非常に大きく、
ほぼ一夜にして、企業にとってDXが不可欠
なものとなつたのです。”

グローバル・ケミカル・グループ、
チーフ・オペレーティング・オフィサー

デジタルファクトリー化は、地域性を強く意識して推進されています。当調査に参加した企業のうち、グローバルなDXを推進している企業はわずか5%ですが、高い実績を持つ企業ほどグローバル志向が高く、デジタルチャンピオンの11.5%がグローバルなDXを展開しています。

大多数の企業は、欧州とアジア太平洋地域に重点的に投資しています。西ヨーロッパと中央ヨーロッパの製造拠点を持つ企業の多く(87%)が、これらの地域にDX投資を集中しており、アジアに拠点を持つ企業の70%近くが、アジア太平洋地域にDX投資を行っています。

図表7 欧州とアジアを中心としたDX投資



¹ 複数選択可能

出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年



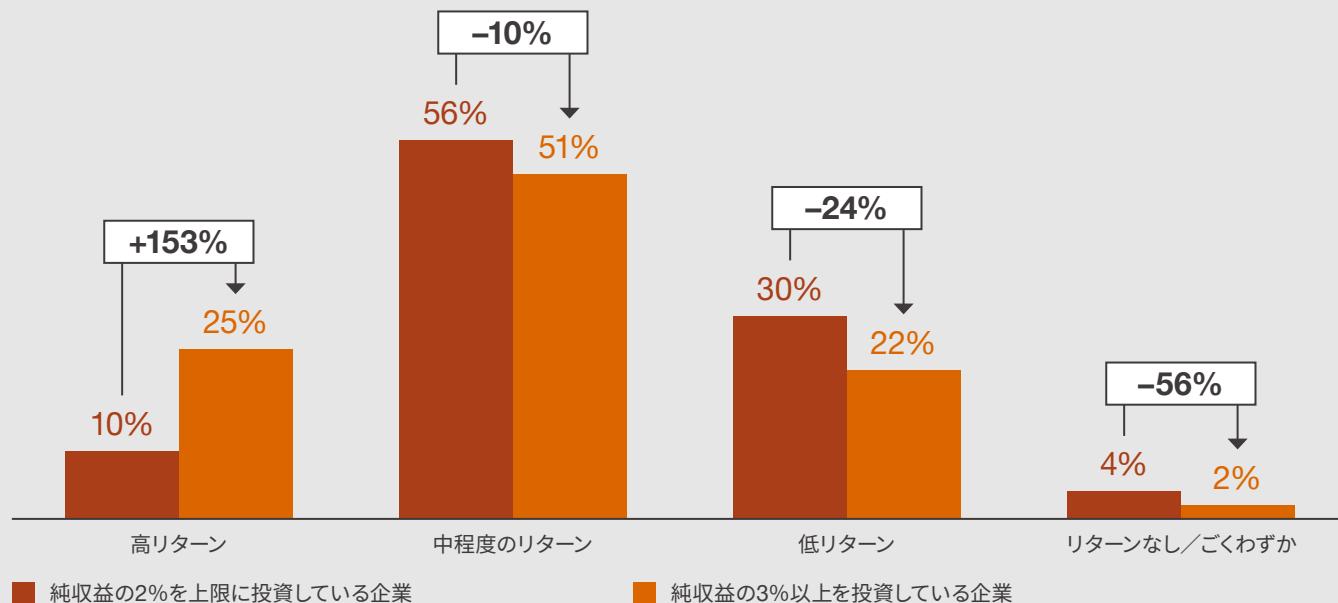
高いリターンを得るには多額の投資が必要—拡張可能なデジタルソリューションの実装には強固な基盤が不可欠

「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」から、製造プロセス全体でDXを実現するには、デジタルバックボーンや接続などの基盤技術に多額の投資が必要となることが明らかになりました。

平均以上の投資額はより高いリターンと相関関係があります。当調査によると、デジタルファクトリー化に年間純収益の3%を超える額を投資している企業は、2%未満の企業よりも2.5倍高いリターンを得られる可能性があります。

図表8 投資とリターンの相関関係

DX投資率とリターンの相関関係



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年



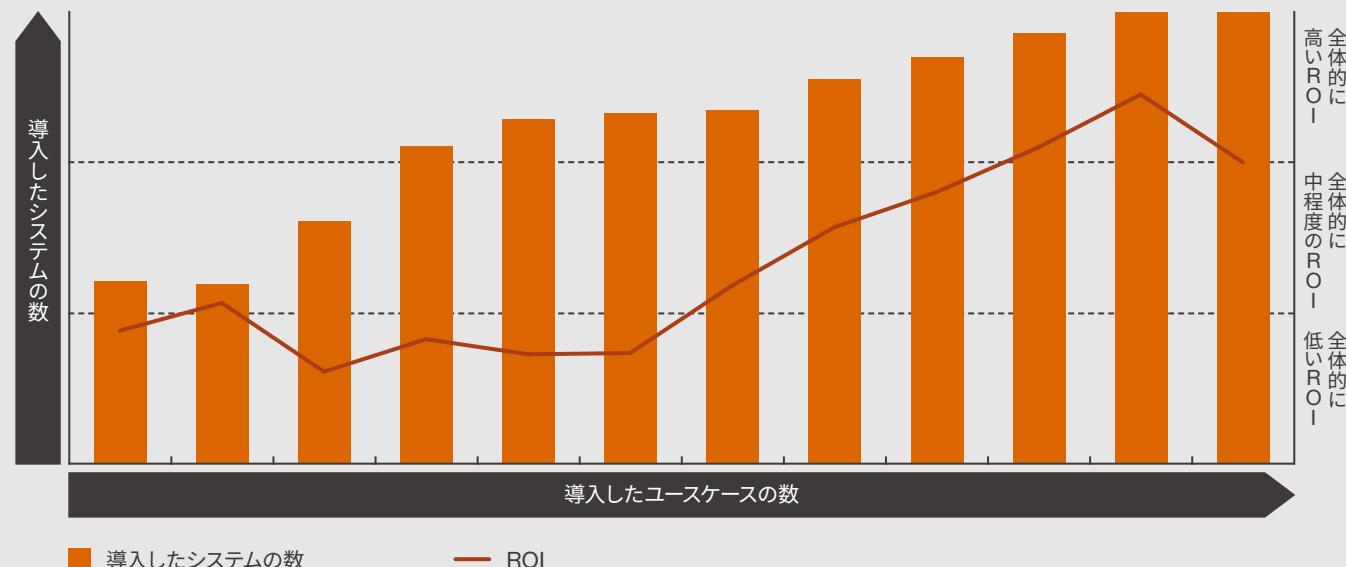
システムとユースケースの導入とROIの相関関係という観点で調査結果を分析したところ、DX投資に対して高いリターンをもたらす重要な要素は拡張性であることが明らかになりました。

右のグラフで、X軸はDXプロジェクトに導入されたユースケースの数、Y軸は使用中のデジタルバックボーン内のシステムの数、赤い線はROIを示しています。このグラフから、システムとユースケースの規模が大きいDXプロジェクトでは、高いリターンが得られることが分かります。さらに、最適な規模があることが明らかになり、ある一定の規模を超えると、システムやユースケースを追加するだけでは、リターンが向上しないことが分かりました。最適なテクノロジーと実装規模の選択は、リターンを最大化するための1つのカギとなります。

この分析は、PwCの顧客事例を裏付けるもので、ユースケースには、現場のデータ、ERPから取得した業務データ、またはIoTプラットフォームなどのデジタルバックボーン内のシステムなどの要素が必要となることを示しています。しかし、ユースケースとテクノロジーに対するソリューションとサービスを一旦確立すれば、大規模な基礎的投資を行うことなく、さらなるユースケースを追加・実装できます。企業は、目的と基礎的要因の依存関係を理解することで、ユースケース、実装、期待するリターンに合わせて投資配分を最適化するための「スイートスポット」の特定が可能になります。これは、DX戦略とロードマップの策定、DXによる付加価値の算出においても非常に重要です。

図表9 高いROIを実現する拡張性

ROIとシステム・ユースケースの規模の関係



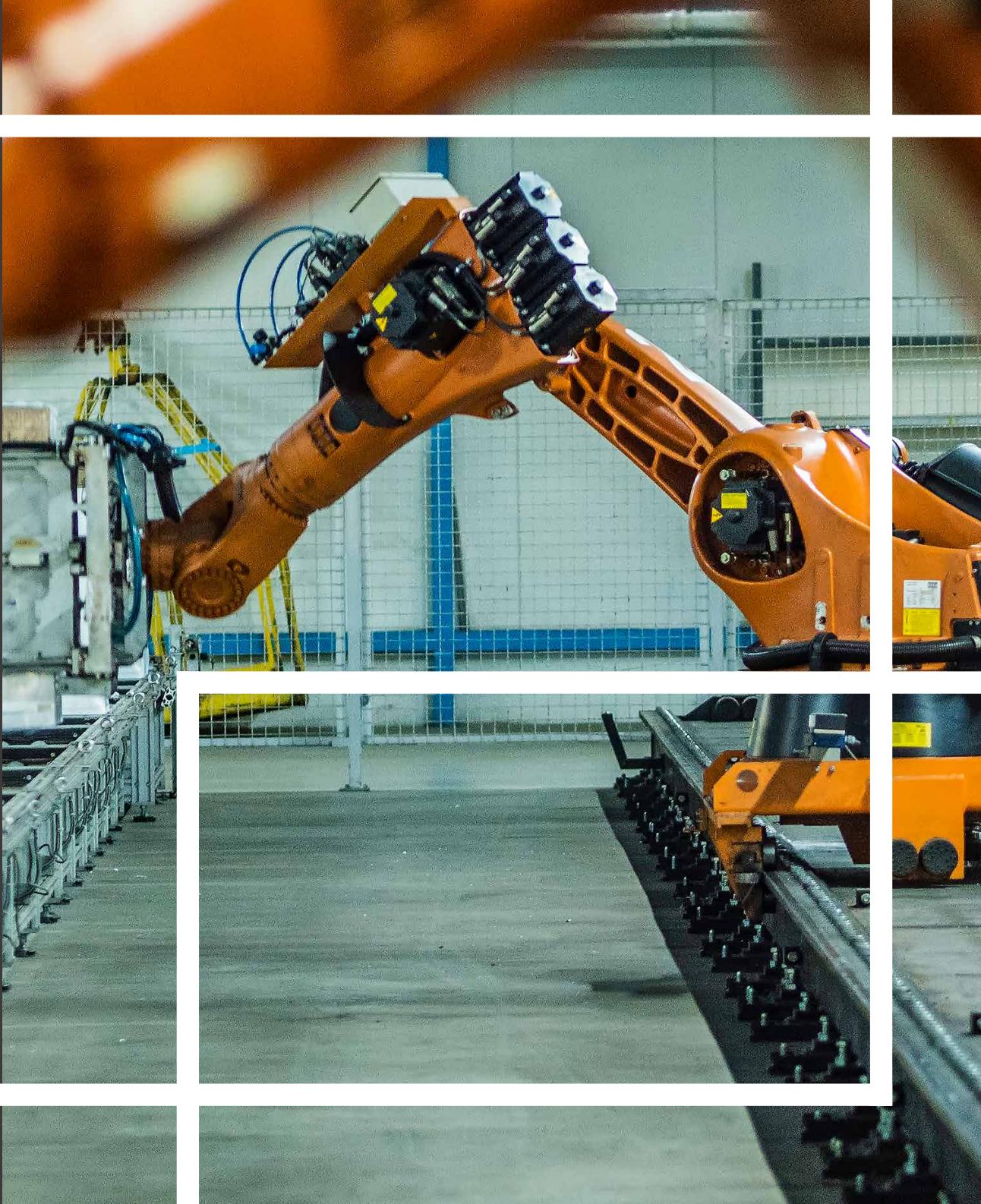
出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

“先進技術への投資は、
DXに追加するものではなく、その中核
を成すものです。”

インダストリアル・
マニュファクチャリング・
グループ、チーフ・
ファイナンシャル・オフィサー

D デジタルバックボーン、 ユースケース、 テクノロジー

デジタルファクトリー化は、ITアーキテクチャのシステム変更、ビジネスユースケースの詳細化、特定のテクノロジーの実装が複雑に融合することによって実現します。デジタルバックボーンはDX実現の成功要因ですが、このような基盤となるアーキテクチャの構築・再構築にあたっては複数のアプローチが存在します。ビジネスユースケースは、品質、メンテナンス、モニタリング、デジタルツインの作成など多岐にわたり、応用技術として、デバイス、モバイルアプリケーション、コボット、AIアプリケーションなども含まれます。DXのプロセスはそれぞれ異なりますが、重要な要素として共通しているのは、初期投資または継続投資後の予想回収期間と実際の回収期間です。「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」では、DXに万能な戦略はないものの、特定のシステムやテクノロジーへの投資が早く回収できる傾向があることが明らかになり、最短1年以内というケースも示されています。





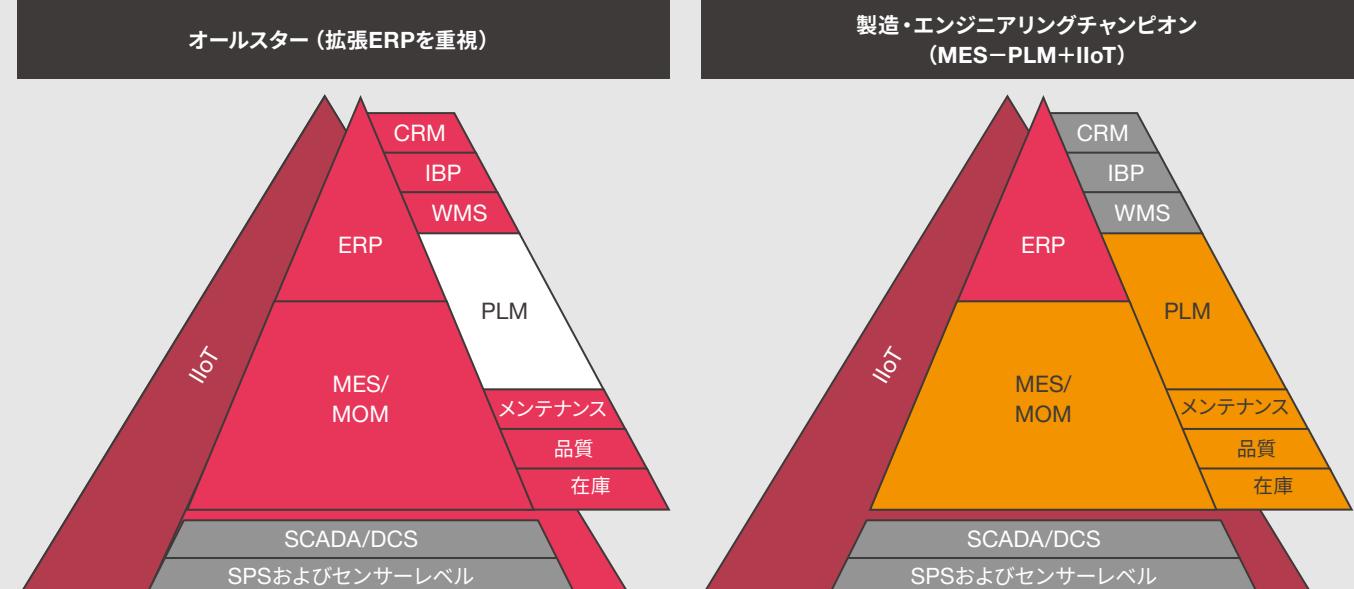
1. 標準化されたデジタルバックボーンは、デジタルファクトリー化を成功させるための重要な構成要素

工場内外の全てのデジタルソリューションの統制・統合にデジタルバックボーンは不可欠です。デジタルバックボーンは以下の4つの主要なソリューションのうち、1つかそれ以上で構成されています。

- 1 ERP-企業資源計画ソリューション
- 2 MES/MOM-製造実行システム／
製造オペレーション管理ソリューション
- 3 IIoT-産業用IoT（産業用モノのインターネット）
- 4 PLM-製品ライフサイクル管理ソリューション

当調査で、統合がパフォーマンス向上の基盤となることが明らかになりました。デジタルチャンピオンは、より統合化・標準化されたシステムを使用する傾向にありながらも、製造ネットワークのさまざまな要素において、ある程度自由にシステムやサポート技術を導入することを認めています。

図表10 デジタルバックボーンのモデルとベンダー



同じ色は同一ベンダーであることを示しています。

出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」では、5つの主要なデジタルバックボーンモデルに基づいて企業を分類しています。

オールスターとは、ERPを中心としたバックボーンを持つ企業で、PLM、MES、IIoTなど少なくとも2つの差別化システムを含む単一の拡張ERPソリューションを、ERPシステムと同じプロバイダーから導入済みまたは導入予定の企業を指します。当調査に参加した企業の16%はオールスターですが、デジタルチャンピオンやイノベーターの34%もこの手法を活用しています。

製造・エンジニアリングチャンピオンは、自社のITバックボーンにおいて、堅牢なPLMに焦点を当てて、高度にカスタマイズされた技術主導の製品とサービスの効率的な研究開発とエンジニアリングを推進し、統合MESや、場合によってはIIoTでバックボーンを補強しています。これは、企業で最も多く使用されるアーキテクチャであり(25%が使用)、デジタルチャンピオンやイノベーターも好んで使用しています(38%が使用)。

イノベーションリープロッガーは、コストと時間のかかるMES/MOMの実装を排除し、IIoTアーキテクチャを主要システムとして構築し、基盤となるユースケースと、オプションとして統合されたPLMソリューションに注力しようとしています。これは、自社アプリケーションの構築に慣れている少数の製造業者が採用している革新的なバックボーンアプローチで、このアーキテクチャを計画または実装している企業は全体のわずか9%、デジタルチャンピオンとイノベーターでは3%に過ぎません。

カスタマードライバーは、顧客との関係を最優先し、ERPのCRM(顧客関係管理)モジュールによって、顧客を最大限にカバーするために高度なERPに全面的に依存しています。製造プロセスの一部をパートナーに委託する場合もあります。このモデルを計画または導入している企業は15%ですが、その中にデジタルチャンピオンは含まれていません。

最後に、デジタルバックボーンを一切計画または導入していない企業は少数派ですが、このグループを**エクスプローラー**と呼んでいます。これに当たる企業(全体の18%)は、デジタルバックボーンを計画せずに、個々のデジタル技術のアドホックなソリューションを使用して、DXに着手しています。

図表11 5つのシステムモデル

モデル	MES	IIoT	PLM	単一の拡張ERP	全ての企業	デジタルチャンピオンおよびイノベーター
オールスター ERPを重視	+	+	+	+	16%	34%
製造・ エンジニアリング チャンピオン	+	(+)	+		25%	38%
イノベーション リープロッガー		+	(+)		9%	3%
カスタマードライバー				+	15%	0%
エクスプローラー					18%	4%
その他のモデル					18%	20%

+ = 重視するソリューション

出所：PwC、デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」の結果、ほとんどの製造業者は、ITシステムを実現する高度なコアを採用し、ERPとPLM/MESのいずれかを中心としたソリューションを選択していますが、いずれの場合も、一貫性を重視して、1社以上の外部プロバイダーから提供されたシステムを統合していることが明らかになりました。これは、関連するアプローチであり、最も多くの企業が採用しているソリューションです(72%のデジタルチャンピオンとイノベーターは、オールスターまたは製造・エンジニアリングチャンピオン)。一方、イノベーションリーブロッガーは、飛躍的なイノベーションを実現することに注力しており、差別化システムを含む拡張ERPシステムや全体的なMESソリューションを必要だとは考えておらず、IIoTプラットフォームの機能を利用してDXプロセスを飛躍的に加速することを目指しています。カスタマードライバーは、顧客がイノベーションの源であり、研究開発・製造のPLMに支えられたソリューションではなく、ERP中心の関係管理ソリューションをアーキテクチャとして選択しています。

またITバックボーンの設計において、複雑なオペレーションが、複雑なITシステムにつながり、標準化が必要となっていることが当調査で明らかになりました。製造プロセスが複雑で、水平方向の領域が広い企業ほど、個々の工場のニーズに合わせた複数のプラットフォームに依存する可能性が高くなります。しかし、オペレーションが複雑でも単純でも、企業はコスト削減と実装簡略化を実現するために、標準化可能なソリューションの採用を好む傾向にあります。32%の企業が全体的に標準化されたシステムを選択する一方で、工場レベルで標準化と導入の柔軟性を求める企業が43%を占めることが分かりました。デジタルチャンピオンとそれ以外の企業で、採用する標準化のレベルに大きな差は見られませんでした。



図表12 デジタルバックボーンの目標

MESやIIoTシステムのデジタルバックボーン目標



■ 全ての企業 ■ デジタルチャンピオン

出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年





2. 最も多く導入されているユースケースは、品質分析、メンテナンスソリューション、KPIの自動モニタリング

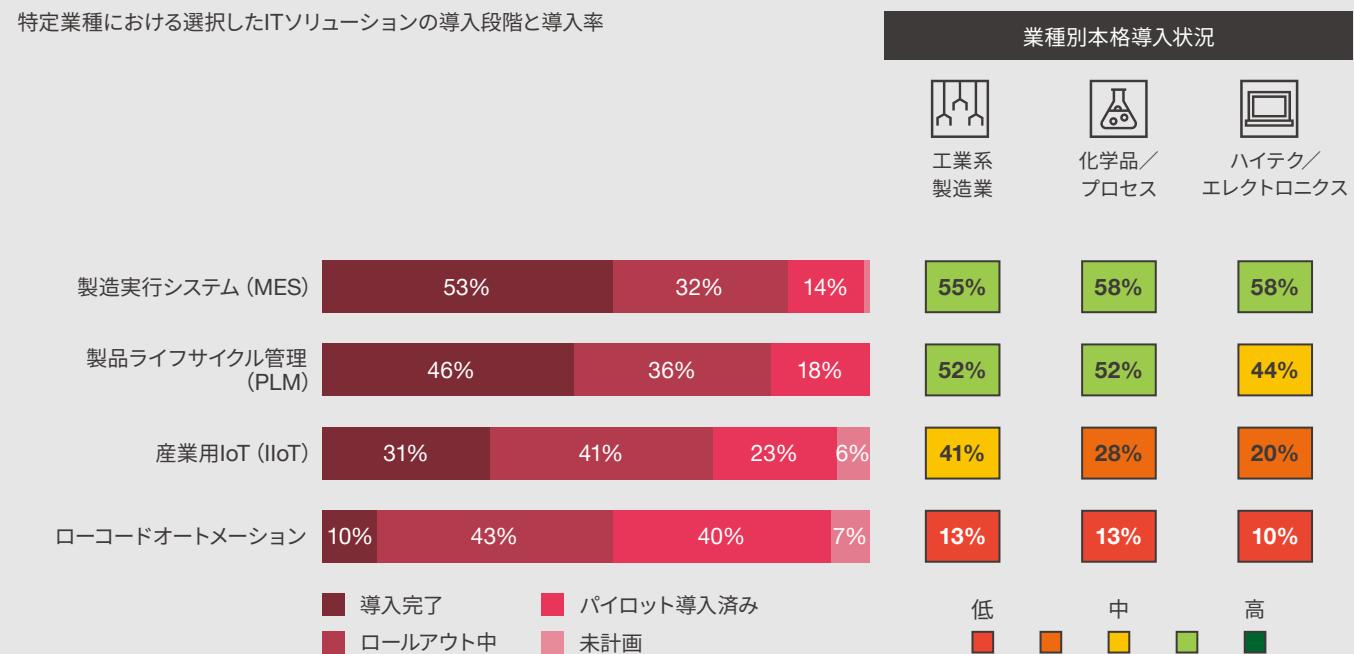
本章では、デジタルバックボーン、ユースケース、テクノロジーの3つのフォーカスエリアにおける導入率に関する調査結果の詳細を紹介します。

2.1 デジタルバックボーンの導入

「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」では、デジタルバックボーンの導入状況について各企業にアンケートを実施しました。その結果、製造業の半数近くが依然としてMESを本格導入しておらず、半数以上がPLM、IIoT、ロードオートメーションのいずれについても本格導入しておらず、あらゆる企業が、このような基盤となるITバックボーンシステムの導入を進めていることが明らかになりました。調査に参加した全ての企業は、少なくとも1つの有効なITシステムを導入済み、または導入中であると回答しています。

図表13 デジタルバックボーンの導入状況

特定業種における選択したITソリューションの導入段階と導入率



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

半数以上の企業はすでにMES/MOMソリューションを本格導入済ですが、ソリューションの導入はさらに加速しており、近い将来、MES/MOMまたはPLMのいずれか、または両方が大規模製造業の標準的ソリューションとなることが予想されています。

MES/MOMソリューションは、30年ほど前(1992年にManufacturing Enterprise Solutions Associationによって概念と用語が紹介)から提供されていますが、調査対象企業のうちMESを本格導入しているのは53%でした。これが今、変わりつつあります。MESソリューションは、オペレーション管理全般(生産、メンテナンス、在庫、品質管理など)を1つのソリューションでカバーするMOM(製造オペレーション管理)ソリューションへと進化しています。また、MESアプリケーションはクラウドに移行し、モジュール化が進み、クラウドプラットフォームと相互運用できるようになったため、企業は必要に応じて特定の機能を選択(および購入)できるようになりました。

同時に、現在進行中のERP化は、企業がデジタルバックボーン戦略を見直す機会にもつながっています。その結果、現在、3分の1に近い企業(32%)がMESの導入を進めており、14%の企業が導入を計画しています。

IIoTは、デジタルバックボーンの中で、従来のシステムを補完し、従来のオートメーションピラミッドを崩すシステムとして勢いを増しています。現在、IIoTソリューションの導入が完了している企業は調査対象の31%に過ぎませんが、41%の企業はロールアウト中です。自動車部品メーカーのZF社の成功事例では、これらのソリューションが実際に使われています。

企業がIIoTを導入する方法は、大きく分けて2つあります。1つ目は、活用できる既存のプラットフォームソリューションや市場にあるユースケースを購入する方法です。社内のリソースを抑えることができますが、ソリューションのカスタマイズや市場での差別化に限界があります。2つ目は、大手IIoTソリューションプロバイダーの最新テクノロジーやモジュールを活用して、自社でプラットフォームやソリューションを構築する方法です。社内のリソースが必要となりますが、より自由にソリューションを構築できます。

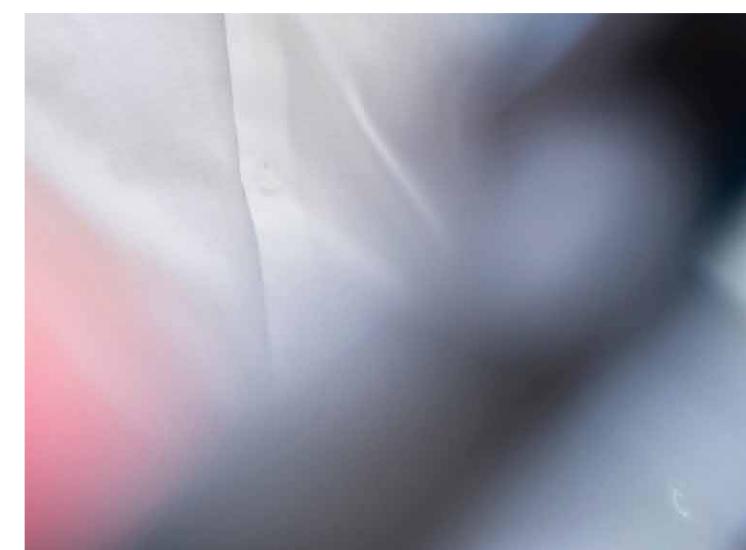
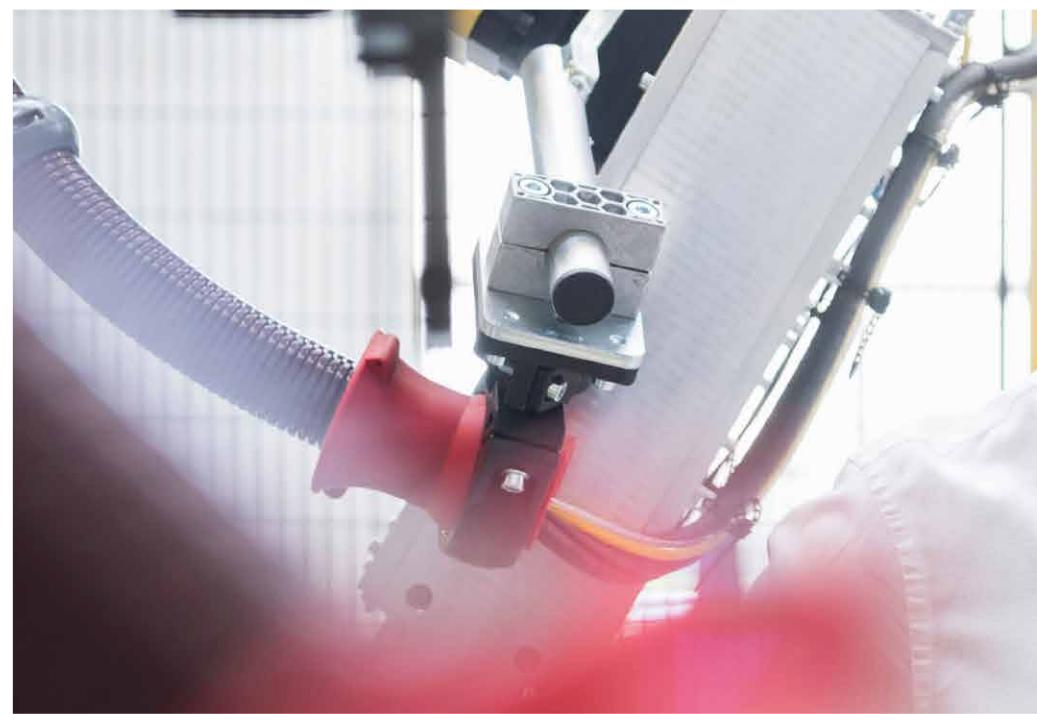
業種別に見ると、IIoT導入において先行しているのは工業系製造業で、41%の工業系メーカーがIIoTプラットフォームを導入済みです。化学品/プロセス企業(28%が導入済み)や、ハイテク/エレクトロニクス企業(20%が導入済み)は遅れを取っています。

IIoTとクラウドの導入に伴い、セルフサービス型のアプリケーションの開発を可能にするために、ユースケース開発の拡張性を実現するカギとなるローコードオートメーションの導入が進むと予想されます。現在、ローコードオートメーションの導入を完了している企業はわずか10%ですが、83%がロールアウト中またはパイロット導入中です。ローコードオートメーションの導入率が最も高いのはデジタルチャンピオンで、26%がこの技術を採用しています。



MESとERPを活用してグローバルなオペレーションを統合することで、リアルタイムで明確にプロセスを把握できます。”

グローバル・オートモーティブ・
グループ、クオリティ・
マネジメント・リーダー





事例紹介

ZFグループ

ZFはどのようにしてグローバルレベルのDXを推進したのか。
2025年までに数百万米ドルのコスト削減を目指すテクノロジー企業。

世界最大級のTier1自動車部品サプライヤーZFは、乗用車、商用車、産業用テクノロジーにシステムを提供し、次世代のモビリティを実現しています。ZFは自動車が、「見て、考えて、動かす」ことを可能にします。車両の動作制御（コントロール）、統合安全、運転の自動化、Eモビリティの技術領域において、ZFは、既存の自動車メーカーや新規参入の輸送およびモビリティ・サービス・プロバイダー向けに、包括的な製品とソフトウェアソリューションを提供しています。ZFでは、さまざまな種類の自動車の電動化を進めながら、排出量削減、気候保護、安全なモビリティの向上に貢献する製品を提供しています。世界各国で約15万7,500人の従業員を擁し、2021年度には383億ユーロの売上を計上しており、世界31カ国に188の生産拠点を展開しています。

2020年、ZFは、IIoTソリューションを統合して品質と効率を向上し、世界規模で生産量を増やすことにより、制御可能な工場のコストを削減する取り組みを開始しました。世界188カ所の生産拠点でDXを推進するために、PwCとマイクロソフトと連携して、拡張可能なデジタル・マニュファクチャリング・プラットフォーム（DMP）を構築しました。

DXの第一段階として、ドイツ北部ディープホルツの生産拠点で、最初のパイロットプロジェクトを実施し、PwC Factory IntelligenceとMicrosoft Azureの技術を活用して、共通のサービスとアプリケーションを備えたIIoTプラットフォームを構築しました。

このプロジェクトは、以下の3つの原則に沿って進められました。まず、プラットフォームとそれを実現するサービスを規模に合わせて構築すること。次に、ZFの多くの生産拠点にとって適切で、拡張性を備えたビジネスソリューションをプラットフォーム上に構築すること。最後に、DXがあまり進んでいない生産拠点でも使えるソリューションであること。ビジネスアプリケーションとユースケースは、生産管理、E2Eのトレーサビリティ、メンテナンスインテリジェンスの3つのフォーカスエリアを中心に構成されました。

ディープホルツ工場が最初のパイロットプロジェクトに選択されたのは、同社のカー・シャシー・テクノロジー部門に、DXをサポートできる確立された組織があったためです。また、この工場のチームは、このプロジェクトのフロントランナーとして高いモチベーションを備えていました。ディープホルツ工場では、すでに高度な接続性が確立されており、DMPを導入することで大きな利益を得られる可能性がありました。

プロジェクトの最初の焦点は、KPIの自動モニタリングソリューションとパフォーマンス分析のユースケースを開発して、パフォーマンスの可視性を向上するために生産をDXすることでした。これによって、同社はパフォーマンスを監視し、リアルタイムに対応できるようになりました。

2つ目の焦点は、単一製品生産やバッチ生産のプロセス全体を通じて、迅速かつ容易に追跡できるE2Eのトレーサビリティでした。これにより、同社はエラーが発生した箇所をより正確に特定できるようになりました。

3つ目の焦点は、稼働時間を最大化し、メンテナンスコストを最適化するために、生産設備の状態を監視できるようにすることでした。

マシンレベルから企業のERPシステムまで、DMPは複数のソースから収集したデータを統合します。

DMPを開発するために、同社はアジャイルデリバリーとガバナンスモデルを採用し、従来のIT組織を製品中心のアジャイル組織に移行しました。全てのプロジェクトメンバーと工場のエキスパートは、3カ月単位のプロジェクト計画フェーズと週単位のスprintによるプロダクトインクリメント（PI）に基づいて、定期的なレビューを行い、チーム間の役割分担を明確化し、導入を進めながら調整を行って、新たなターゲット・オペレーティング・モデルを確立しました。

ディープホールツ工場でDMPの価値を実証したこのプラットフォームは、現在、ZFのグローバル製造事業全体における複数年のデジタル戦略の礎であり、目標達成のカギとなっています。

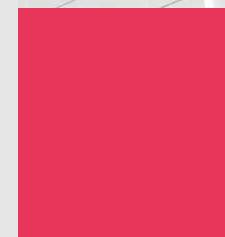
しかし、このプラットフォームは従来と同じ方法で、他の生産拠点に展開されているわけではありません。以前は、専門チームが各生産拠点に赴き、MESなどのソフトウェアソリューションを導入していましたが、現在では、DMP標準を遵守しつつも、工場が独自で導入しています。DMPチームは、工場と協働し、基準、ガイドライン、チェックリストを提供してサポートします。

このアプローチによって、よりシンプルで少人数での導入が可能になっており、新設工場では1週間以内にプラットフォームを導入することを目標としています。

また、ZFは、DMP以外のチームがデジタルプラットフォーム上でソリューションを開発できるようにすることによって、デジタルプラットフォームの機能を拡大し、全ての工場で利用できるユースケースを増やすとともに、工場のニーズに合わせたソリューションを自由に開発できることを目指しています。

DMPをZFの全工場に本格導入することによって、年間数億米ドルのコスト削減が期待できます。

ZFのソリューションは、あらゆる製造業に採用できる幅広い市場可能性を備えています。DMPによって、自動車生産とオープン・マニュファクチャリング・プラットフォーム（OMP）のコミュニティ全体のDXを推進するための青写真とベストプラクティスの提供が可能となり、このZFのプロジェクトは、大規模なスマートファクトリー化の推進に活用できる成功事例となりました。





2.2 ユースケースの導入

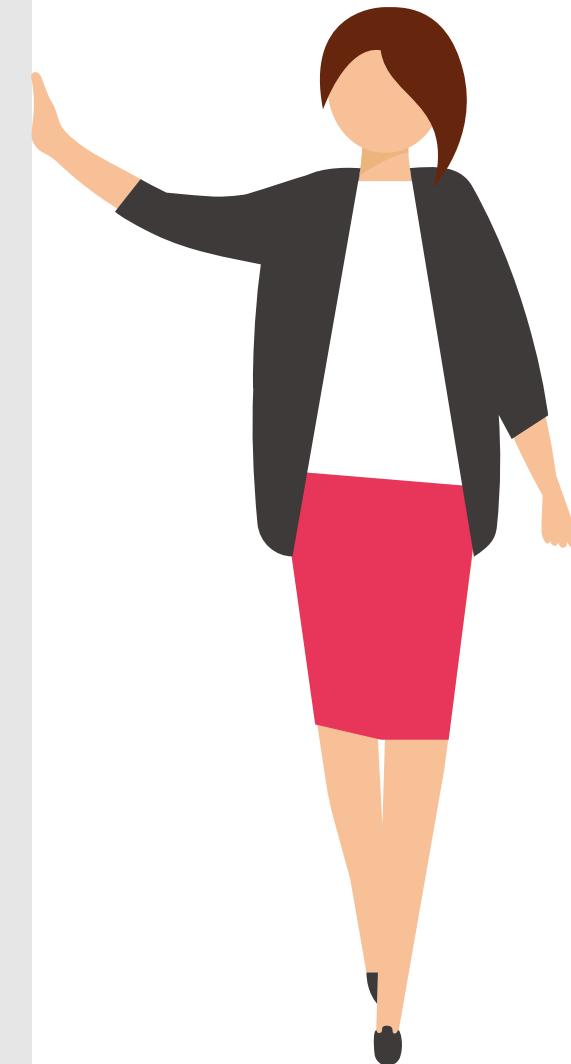
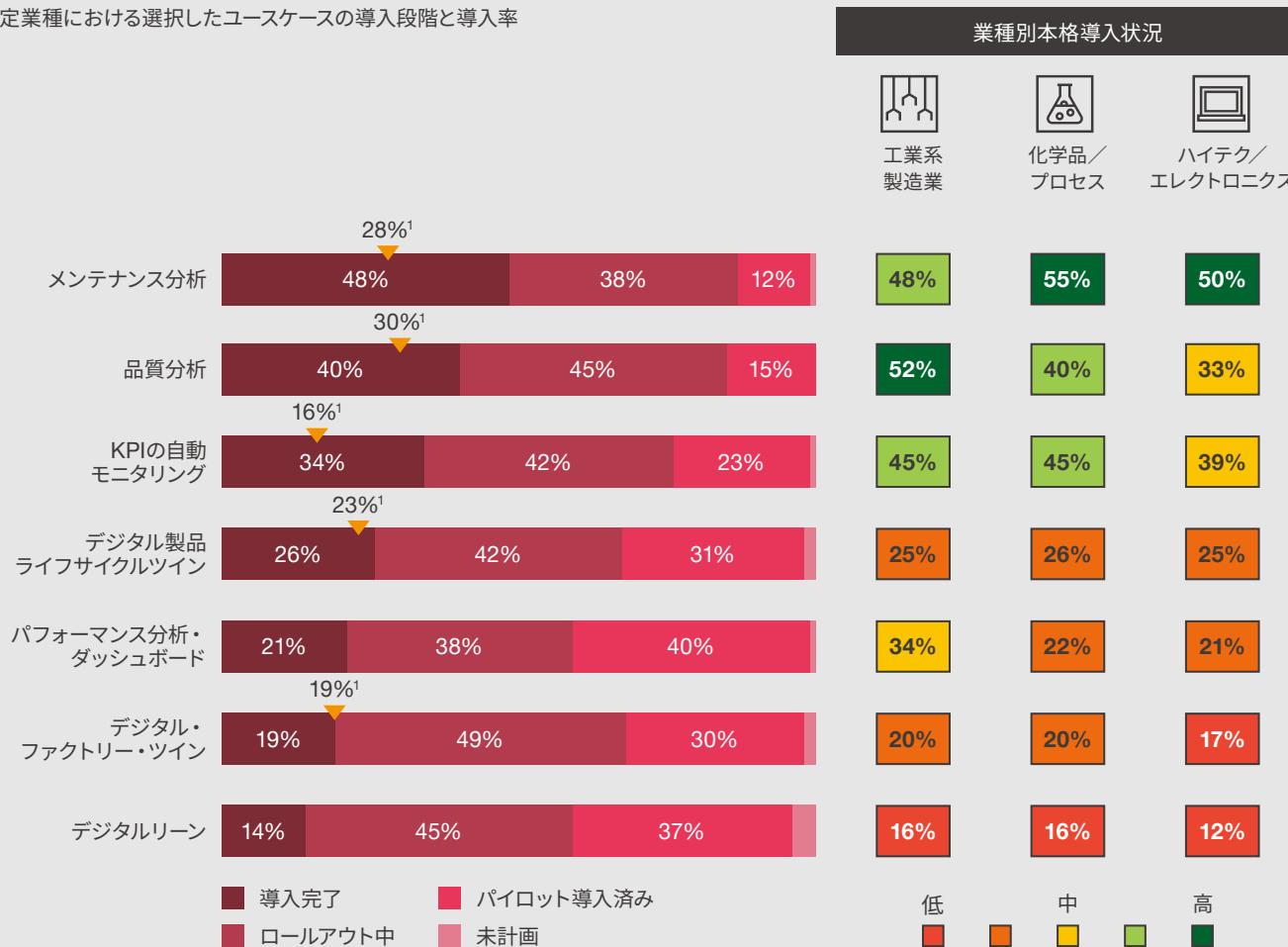
「2017年PwCデジタルファクトリー調査」の実施から4年間で、ユースケースの導入率は上昇しており、中には導入率が倍増したケースもあります。現在、最も多く導入されているユースケースは、メンテナンス、品質分析、KPIの自動モニタリングです。例えば、化学品やハイテク分野の企業の半数以上が、生産プロセスの効率性と安全性を向上するためのメンテナンス分析ソリューションを本格導入しており、メンテナンス分析や品質分析を本格導入していない企業の多くは、現在ロールアウト段階にいます。「デジタルファクトリー化に関する調査2022年」によると、工業系メーカーが、最も多くユースケースを導入しています。

調査結果では、ユースケースの導入については企業間で高いコンセンサスが得られていることが明らかになりました。メンテナンス分析、品質分析については、ほぼ全ての企業が導入済みまたは展開中であり、これらのユースケースの導入予定がまったくない企業はごく少数で、「2017年デジタルファクトリーに関する調査」で報告された導入率から大きく前進したことになります。最も顕著な変化が認められた領域は、メンテナンス分析で、過去5年間で20ポイントも企業の導入率が向上しました。

品質分析の場合、投資回収期間が短いことが、早期導入の重要な要因となっています（詳細は後述を参照）。メンテナンス分析の場合、投資回収期間が長くなりますが、デジタル・メンテナンス・ソリューションが機器類のダウンタイム削減による運用コストの削減に不可欠であることを企業が明確に認識していることから、導入率が増加しています。3番目に広く導入されているユースケースは、KPIの自動モニタリングで、76%の企業が導入済みか、展開中と回答しました。パイロット導入や導入の予定がないと回答した企業はごくわずかでした。パフォーマンス分析、ダッシュボード、デジタルリーンは導入完了率が低いものの、これらはKPIの自動モニタリングの実装を前提とした論理的拡張となるため、KPIの自動モニタリングの導入完了後に導入が進むと予想されます。

図表14 ユースケースの導入状況

特定業種における選択したユースケースの導入段階と導入率



¹ 2017年 PwC調査：2020年デジタルファクトリー—製造業の未来を築く

出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年



事例紹介

Yara

Yaraは、革新的な投資アプローチにより、デジタル技術の可能性を最大限に引き出しました。ユースケースの反復とアジャイル思考をDXの軸に据え、2021年のEBITDAの大幅な向上と安全衛生の改善を実現しました。

Yaraは、農業をより効率的かつ持続可能にする精密農業ソリューションを開発・提供する世界有数の農作物向け肥料メーカーです。ノルウェーのオスロに本社を置き、60カ国以上で事業を展開し、約1万7,000人の従業員と160億米ドル以上の売上を誇るYaraは、自社オペレーションのDXによって、農作物肥料のグリーン化の推進を目指しています。

同社は、数年前からデジタルオペレーションの実験を重ねてきましたが、最近、DXプロセスを加速させることを決定し、PwCと連携して、多様な製造施設のグローバルネットワークで迅速に開発・導入できるユースケース主導のプロジェクトを策定しました。

エンドユーザーのニーズとエクスペリエンスを重視したデジタルアプリケーションのビジネス投資ケースを構築し、デジタル技術とデジタルマインドセットに適した方法でこれを実現することが課題となりました。YaraのDX推進チームは、一般的に適していると思われる領域を複数選択し、PwCのチームと連携して、その領域のユースケースと製造現場の実際のオペレーションを結び付けました。

PwC側でプロジェクトを統括したJonathan De Ramaixは次のように述べています。「私たちがやるべきことは、まず技術よりも価値に焦点を当てることでした。そして、実世界で製造チームやメンテナンス技術者が抱える問題に着目してユースケースを開発し、各ユースケースが、個々の生産拠点で、どれだけの価値（金銭、健康、安全、従業員のエンゲージメント、品質などにおいて）をもたらすかを評価する必要があったのです」

エンドユーザーとの接点を持つために、チームはまず技術者を招いてワークショップを実施し、生産における課題点や、その解決策を共有しました。

「メンテナンス技術者の日常業務がどのようなものであるか知る必要があります」とDe Ramaixは述べています。「プロセスにおける重要な課題を全て把握しておかなければなりません。『どのようなデータがあれば、どのような課題を解決できるのか?』『既存のデータが適切でないのであれば、それはなぜなのか、どうすれば改善できるのか?』といった点を精査したうえで、個々の現場でデジタルユースケースがどのような影響をもたらすかを理解するために、シミュレーションやプロトタイプソリューションを構築します。これにより、従業員がより安全に、よりスマートかつ迅速に業務を遂行するために、また信頼性とダウンタイム、健康、安全、環境といった要素にどのような影響があるのかを把握することができます」

これは、ビジネスのユースケースを構築するための最初のアプローチに過ぎません。デジタル技術は、膨大な数の応用と影響の組み合わせを提供しますが、その中には、ユースケースプロセスのスタート時点では考えつかなかったものもあり得ます。これは、投資の意思決定を行うプロセスにおいても同様に、柔軟性が求められることを意味します。

PwCとYaraは、急速に変化する環境に対応するためにアジャイル思考とベンチャーキャピタル型の予算編成を組み合わせたプロセスを採用しました。状況が変わった場合や、ユースケースが期待どおりに機能しない場合、そのケースを変更または完全に中止することも可能です。意思決定とは不可逆的なものではなく、双方向的な可能性を持つものです。

Jonathan De Ramaixは次のように述べています。「これは、従来の投資に対するビジネスケースを作成する方法とは全く異なります。ベンチャーキャピタル的なアプローチに近いのではないかでしょうか。うまくいくものもあれば、うまくいかないものもある。これが、デジタル技術の本質です。自分の可能性を実現しようと思ったら、従来のような硬直的な投資回収の考え方ではなく、もっと柔軟な発想が必要な場合もあります。途中で失敗したり、追加コストがかかったりすることを覚悟しなければなりませんが、最終的には多くのものを得られるはずです」

Yaraのアプローチの成功はこれを裏付けるものです。ユーザーのニーズや行動にマッチしたソリューションは、賛同を得やすく、投資回収が早まる傾向があります。Yaraは、新しいデジタルユースケースが、運用初年度（2020年）に2桁、2021年にはその2倍以上の効果をもたらすと試算しています。



2.3 テクノロジーの導入

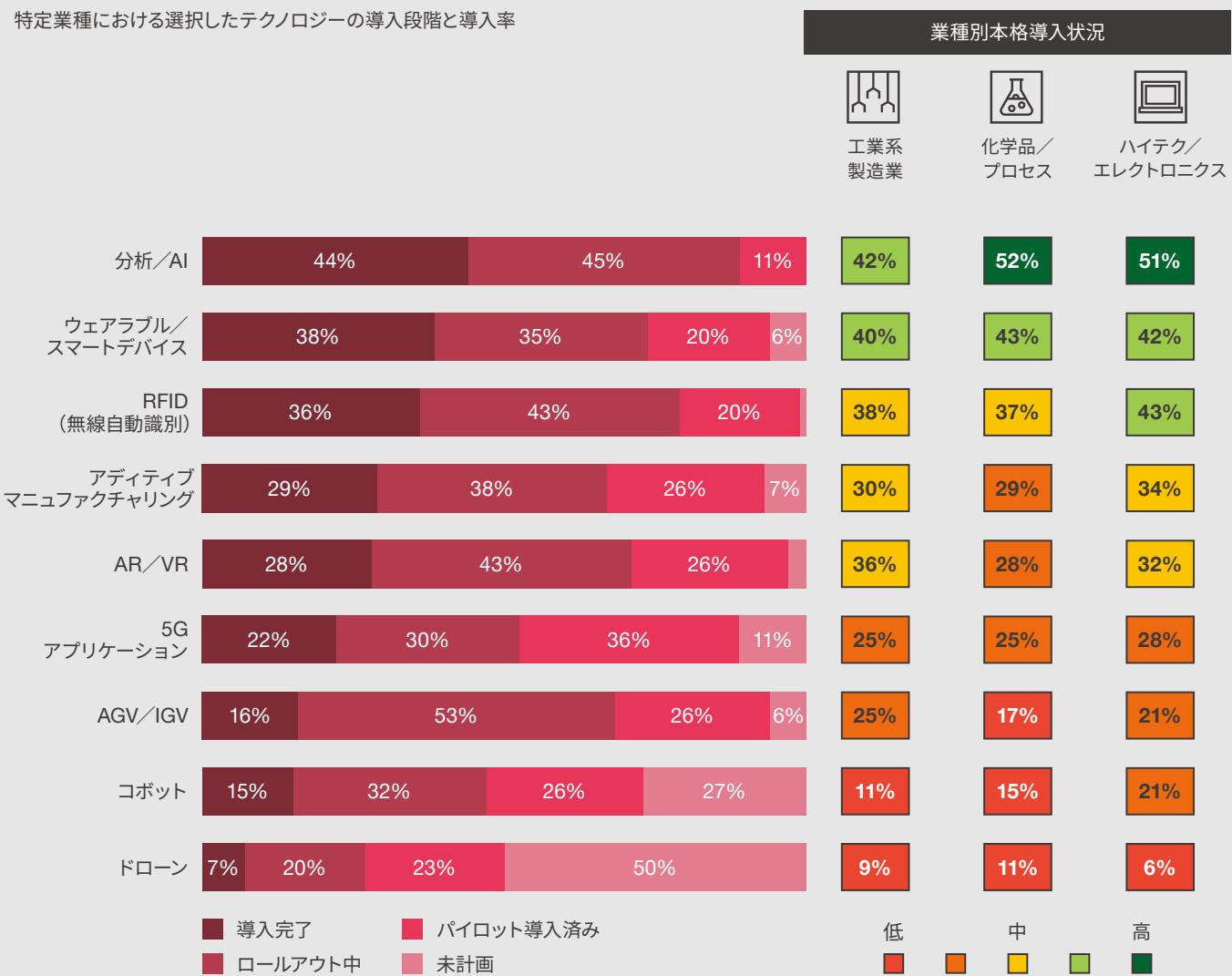
製造業者のDXにおいて、分析機能を備えたテクノロジーの導入は最重要課題となっています。分析とAIは最も多く導入されているテクノロジーであり、「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」に参加した全企業が、このテクノロジーを導入済み、導入中、またはパイロット導入中です。当面は、AI導入は普遍的なものとなるでしょう。

ウェアラブルやスマートデバイスにも注目が集まっており、38%の企業がすでにウェアラブルを導入し、工場内の従業員に活用しています。ウェアラブルやスマートデバイスの導入計画がない企業はわずか6%です。Signify社の成功事例は、ウェアラブルやスマートデバイスの導入によるメリットを実証するものです（後述参照）。

ユースケースの導入とは対照的に、テクノロジーの投資回収期間は重要な要因とはなっていません。ドローンや5Gアプリケーションなど、投資回収期間が最も短いテクノロジーの導入率が最も低く、ドローンを導入した企業はわずか7%、ロールアウト中の企業も20%にとどまっています（当然のことながら、化学品・プロセス産業による導入率が最も高く、11%の企業がドローンを導入して、潜在的危険性のあるオペレーションに遠隔利用しています）。お客様の経験から、ドローンはニッチなテクノロジーであり、5Gアプリケーションの導入はWi-Fiや有線ネットワークがすでに整備されている環境で、優先されたユースケースが、低遅延や高データ帯域幅によるメリットを得られないものである場合、最優先事項ではないことが明らかになっています。

図表15 テクノロジーの導入状況

特定業種における選択したテクノロジーの導入段階と導入率



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年



事例紹介

Signify

インダストリー4.0の革新のため、エコシステムアプローチを採用。実際のユーザーの課題を起点に導入を始め、エコシステムの要素をまとめていくために中央の統制機能を利用します。

企業は、DXプロジェクトにおいて、どのように新しいテクノロジーを見つけ、評価し、導入すべきなのでしょうか？DXは、多くの場合、企業が特定のビジネス目標を達成するためにさまざまな新しいテクノロジーを結び付ける実験と学習のプロセスとなります。これを実現する強力な方法の1つが、ベルギーのトゥルンハウトにあるオープン・マニュファクチャリング・キャンパス(OMC)で、PwCが企業と実施しているエコシステムのアプローチです。エコシステムは、製造業者がパートナーのスキルや技術を活用して、新しい方法で取り組むための連携型の企業ネットワークです。

OMCは、Philips社の旧生産拠点で、現在も、Signify（旧Philips Lighting）の拠点となっています。オランダに本社を構えるSignifyは、家庭用および産業用照明製品を製造しており、69億ユーロの売上を計上し、全世界で3万6,000人以上の従業員を擁しています。

同社は、最近、高輝度放電(HID)照明の生産ライン向けの新しいデジタル検査、メンテナンスアプリケーションを、製造業者のエコシステムと連携して、PwCと共同開発しました。さまざまな企業とテクノロジーを結集して、新たなユースケースを構築・評価するために、PwCは、エコシステム推進の役割を担い、ソリューションの要素を集めました。

PwCベルギーのJohan Van der Straetenは次のように述べています。「どんなテクノロジーが存在するか、最先端テクノロジーとは何か、何が可能かを、どうやって特定するのかが重要ですが、これは多くの製造業者が苦労している点だと思います。自社のテクノロジーについて把握していても、新しいテクノロジーを積極的に探すための専用のデジタルハブがない限り、存在するテクノロジーとその使用方法の特定は困難です」

例えば、Signifyでは、技術者がペーパーレスで、両手を自由に使える状態で検査やメンテナンスを実施できるようにしたいと考えており、タブレットを持ち歩くことを選択肢から外していました。エコシステムによる解決策は、デジタル対応のスマートグラスというウェアラブル技術の導入でした。スマートグラスは、一見すると普通の老眼鏡のようですが、デジタル表示が可能で、点検や修理作業の手順を示してくれます。

ベルギーのアントワープに本社を置く産業用ウェアラブルメーカー、Iristick社が製造するスマートグラスは、音声起動機能を搭載しており、装着者は、検査や修理など作業を行いながらリアルタイムでログを記録できます。

Signifyのエコシステムパートナーは、OMCで事業展開していた別の企業と連携することによって、この技術を強化できることに気付きました。矯正用レンズのオンデマンド3Dプリントを提供する世界で唯一のメーカー、Luxexcel社との連携によって、通常の眼鏡をかける必要のある技術者も、スマートグラスを使用できるようになったのです。

4番目の企業、Proceedix社は、作業指示書やチェックリストをDXし、技術者がスマートグラスを使用して作業を開始し、フォローできるITプラットフォームを提供しています。

これが、製造業におけるエコシステムの実例です。IristickのCEOであるJohan de Geyter氏は次のように述べています。「PwCはプロジェクトの成功に不可欠なパートナーです。PwCの強みは、全ての関係者の意見を取りまとめ、ユーザビリティの観点を含めて、プロジェクトの成功に必要なさまざまな要素を結び付け、全ての関係者に対して真の利益を生み出せることにあります」



3. 比較的短期間で投資回収が可能な新しい技術は、 ローンや5Gアプリケーション

本章では、デジタルバックボーン、ユースケース、テクノロジーの投資回収期間に関する調査結果の詳細を紹介します。

3.1 デジタルバックボーンの投資回収期間

当調査結果で、ITアーキテクチャを実現するアプローチの中で、PLMソリューションが最も平均投資回収期間が短く、約59%の企業が、3年内に投資回収を達成、また達成見込みであると回答しています。PLMシステムは、以前は製品開発専用のソリューションと考えられてきましたが、現在では、MESなど製造システムと完全に統合されています。完全統合されたPLMソリューションは、デジタルツインや高度な生産シミュレーションの作成を容易にし、製品開発だけではなく生産にも付加価値をもたらします。

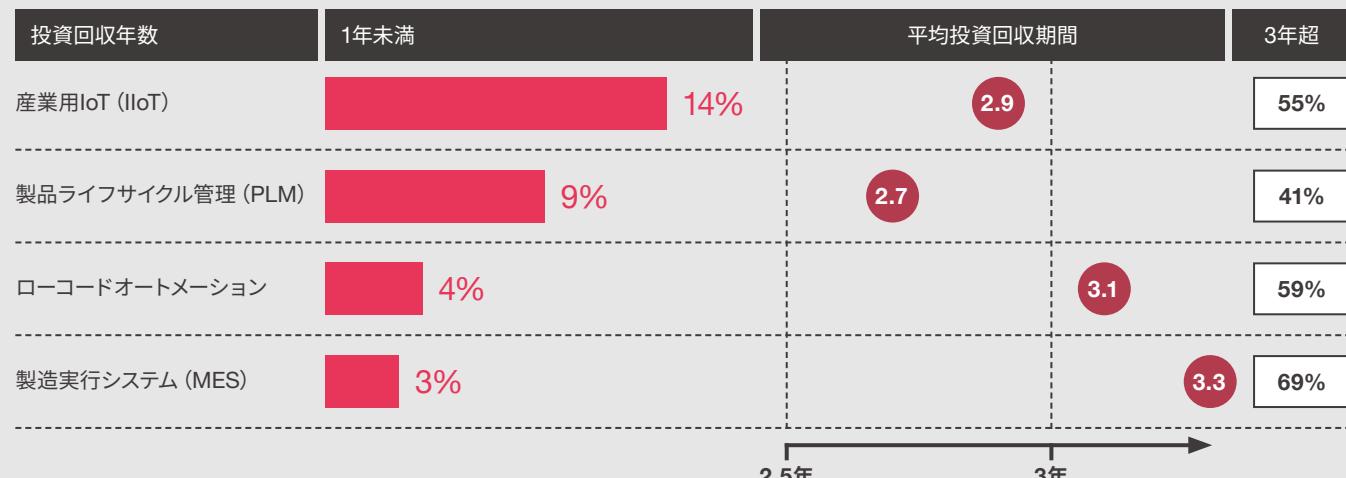
一方、MESの投資回収期間は平均3.3年と最も長く、1年内に投資回収を達成、または達成見込みと回答した企業はわずか3%で、69%の企業が3年を超える投資回収期間を見込んでいます。

製造業のデジタルソリューションとして最も長い歴史を持つMESが、最も投資回収に時間がかかるという事実は意外かもしれません。これは、MESソリューションの多くが、プロセスの調和化と標準化を行わずに導入されたことによって、導入コストが増大し、導入期間も長くなっていることが原因になっていることが、当社の顧客事例から考えられます。

また、全ての工場にMESが必要なわけではありません。IIoTソリューションと組み合わせられるERPの本格導入は、より迅速かつコスト効率の高いデジタルバックボーンアプローチとなります。当調査に参加した企業によると、IIoTプラットフォームの投資回収期間は平均2.9年で、1年未満と回答した企業は14%と少数です。

図表16 投資回収期間:デジタルバックボーン

選択したITソリューション導入の投資回収期間



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

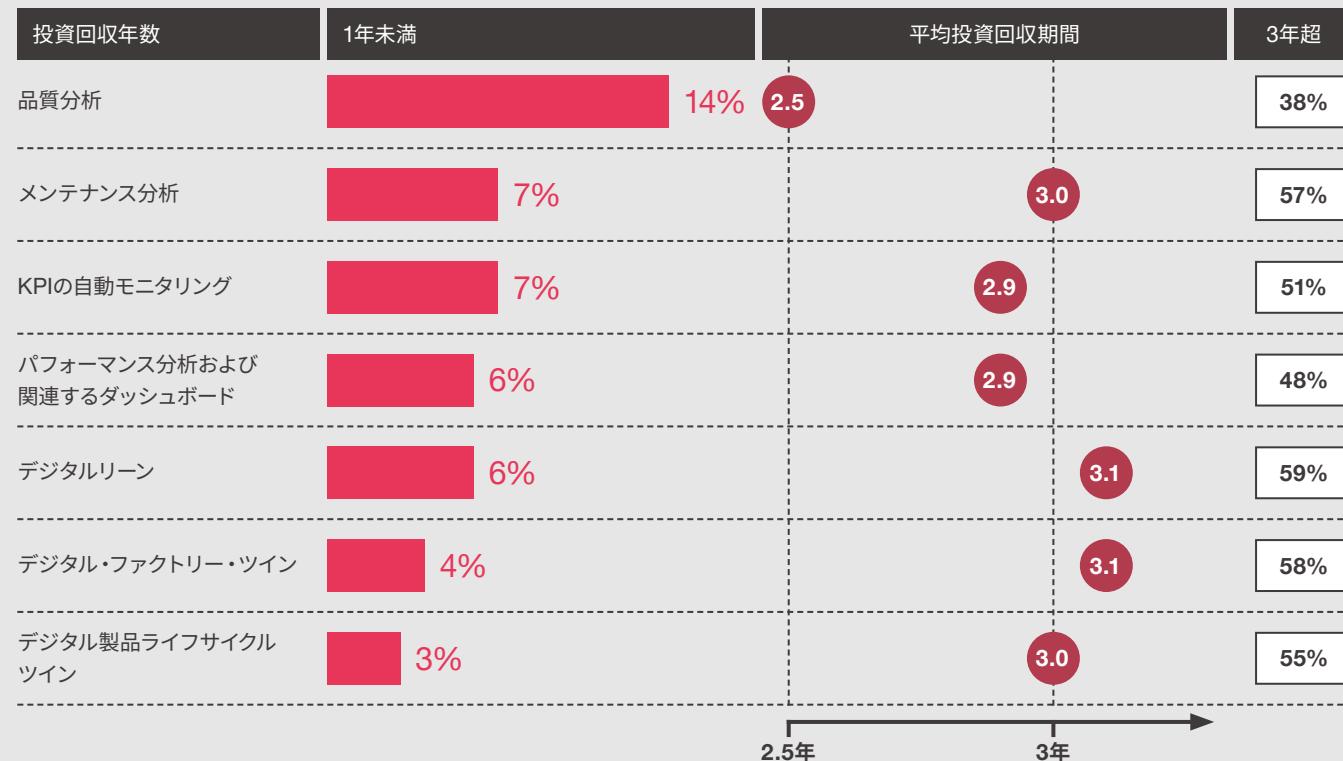
3.2 ユースケースの投資回収期間

最も投資回収期間が短いユースケースは、品質分析です。品質分析関連のユースケースの投資回収期間は、平均2.5年と最も短く、調査対象企業の62%が、3年未満で投資回収を達成または達成見込みと回答していますが、1年未満で達成または達成見込みと回答した企業は14%と少数でした。Kraft Heinz社の事例（後述参照）は、大企業が最新のセンサーと分析テクノロジーの活用に注力することによって、製造オペレーションをDXし、継続的な品質保証を推進し、即時かつ完全自動の介入によって、品質に対する顧客からのクレーム数を大幅に削減できることを示しています。

大半のユースケースでは、平均3年で投資を回収しており、少なくとも40%（品質分析では62%、デジタルリーンでは41%）の企業が、平均3年未満でユースケースの投資回収を達成しています。投資回収期間にはばらつきがありますが、1年未満で回収できる例もあることから、最適なユースケースを選択し、これを適切に実行すれば、数年ではなく数ヶ月以内で収益にプラスの影響を与える可能性があります。

図表17 ユースケースの投資回収期間

選択したユースケース導入の投資回収期間



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

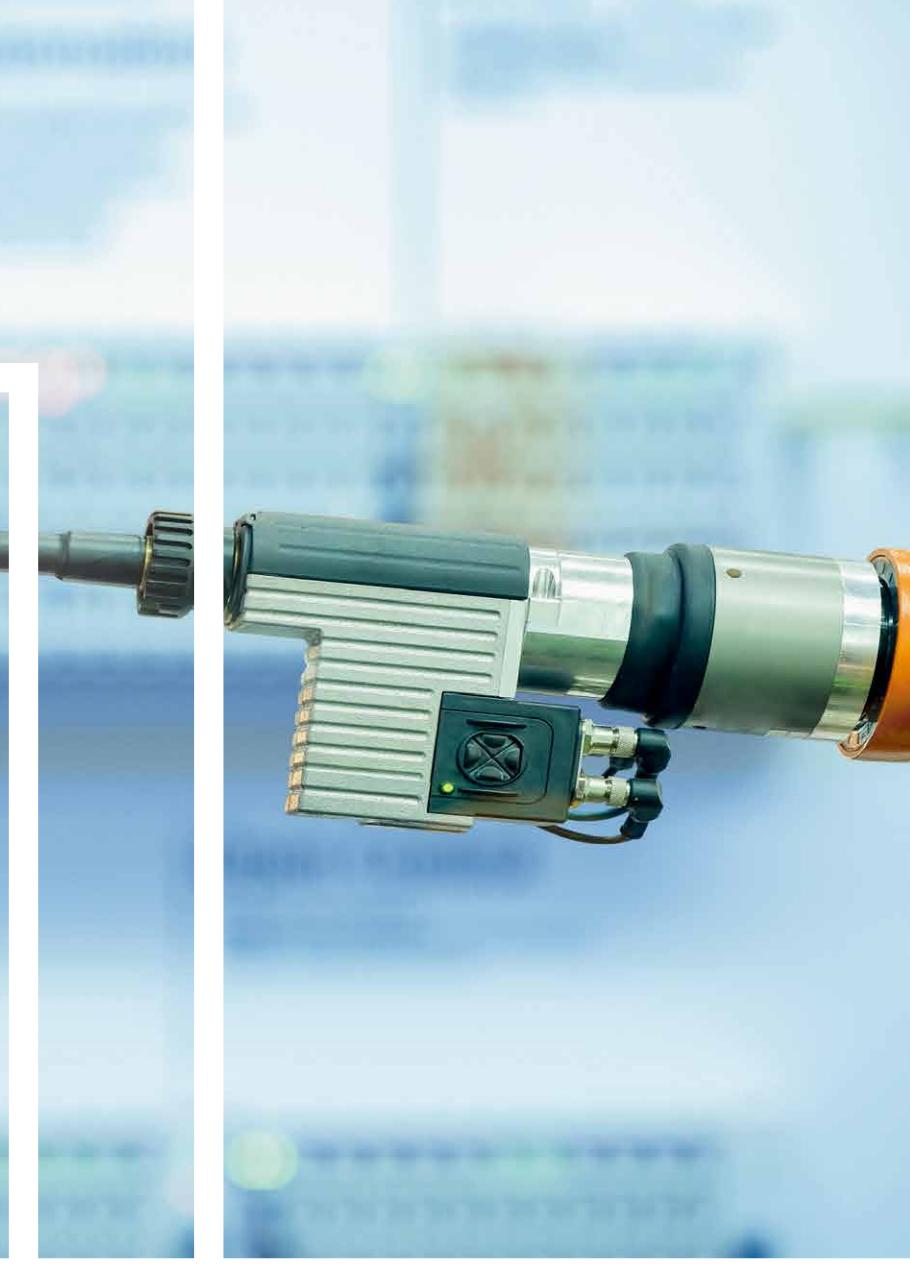
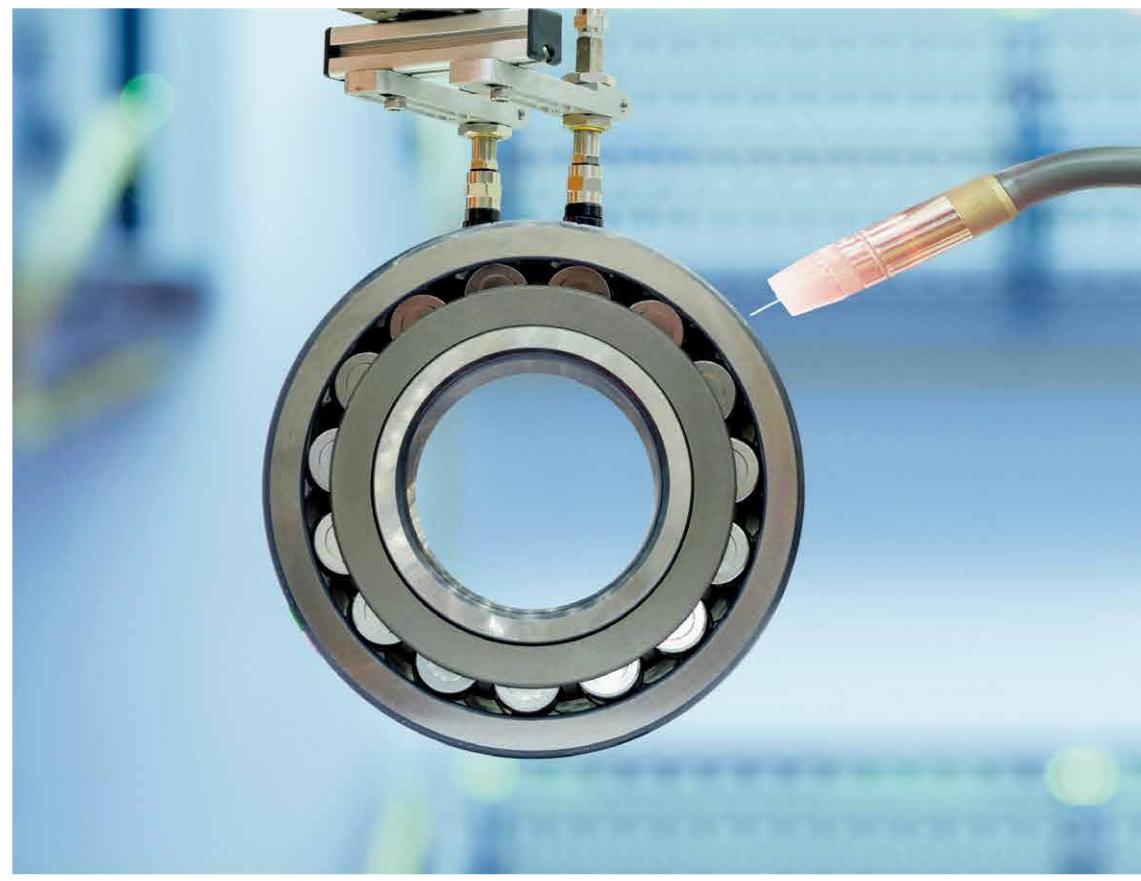


KPIの自動モニタリングとパフォーマンス分析ダッシュボードの投資回収期間の平均は3年未満です。パフォーマンス分析ダッシュボードは、KPIの自動モニタリングの成長段階と考えられます。KPIの自動モニタリングとパフォーマンス分析により、企業はリアルタイムのKPIに基づいて生産を管理し、瞬時に対応できるようになりました。

メンテナンス分析のユースケースの投資回収期間はやや長く平均3年となっていますが、これは、大規模ソリューション導入と、メンテナンス分析に求められるシステムの複雑さが影響していると考えられます。既存の資産に接続性の問題があれば導入にかかるコストが増加するかもしれません。また、さまざまな製品製造に機械を使用する場合、性能と故障箇所を予測するために、アルゴリズムのカスタマイズが必要となることもあります。しかし、投資回収を早めることも可能です。調査対象企業の7%が、1年以内の投資回収を達成または達成見込みであると回答しています。機械の基本的な状況監視、予防保全、または完全な予知保全の必要性に応じて、メンテナンス分析を選択的に導入することによって、品質分析のユースケースと同程度の短期間で投資回収が可能になります。

デジタルリーンのユースケースの投資回収の達成または達成見込みは、平均3.1年となっています。現場ボードなどで工場の状況を可視化することで、迅速なコスト削減を実現できます（世界的なコロナ禍で、多くの企業がオンラインの現場ボードによるアドホックなDXを実践しました）が、その削減の程度は、主要なサービスがすでに導入されているかどうかで異なります。分析機能があれば、デジタルリーンによって、無駄な資材やリソースを継続的にマッピングして検出して、その根本原因のより迅速かつ正確な特定が可能です。完全にサポートされたデジタルリーンの導入は、多くのデジタルチャンピオンにとって必須のユースケースとなっていることが当社の顧客事例から明らかになっています。

デジタルツインのユースケース（工場・製品ライフサイクルツイン）の投資回収期間は、その複雑さと導入の難しさを反映して、3~3.1年と長くなっています。通常、デジタルツインは、他のユースケースを基盤に構築され、ERP、PLM、MES、IIoT、スタンダードアロンアセットなど複数のソースからのデータを必要とするため、総合的なデータ戦略が求められます。データソースの成熟度が異なること、また、導入において最終目標段階までの明確なロードマップが必要になることから、いかにこれらのデータを全てまとめて活用するかが課題となります。お客様の経験から、最も有望なデジタルツインの導入は、IIoTプラットフォーム上に構築されていることが明らかになっています。





事例紹介

Kraft Heinz

完全なデジタル生産を目指す
世界的な食品メーカーにとって、
データのガバナンスと整理は
重要な課題です。

Kraft Heinzは、世界40カ国以上で事業を展開し、260億米ドル以上の売上を誇る世界最大級の食品メーカーです。同社は、持続可能な製品・プロセスへの移行を2025年までに実現して、バリューチェーン全体でアジャイルなデジタルエコシステムを展開するためのDXプロジェクトを推進しています。このプロジェクトの一環として、同社の全ての生産プロセスのDXも進めています。

Kraft Heinzにとって、全社的なDX実現への道のりは、工場レベルから始まります。品質に関しては、ゼロディフェクト（ライト・ファースト・タイム）、E2Eのトレーサビリティ、顧客からのクレームや返品要請の削減という3つの優先事項が定められています。

同社によると、品質に関する問題のほとんどの根本原因は、機械の不具合ではなく人的なミスであり、人的要因を排除することがゼロディフェクトへの近道であることは明らかだと言います。

Kraft HeinzのDXプロジェクトでは、生産ラインプロセスを単なるモニタリングだけではなく、センサー、カメラ、X線などのデータに基づいて、不良品が発生する前にエラーや不具合を予測できるようにすることを目指しています。

例えば、同社では7年ほど前から、生産ラインへのX線技術の導入を開始し、現在では世界各国のほぼ全ての工場でX線が使用されています。これによって、従来の手作業による抜き取り検査から、一部の製品の容器を開封して不具合がないかを確認する方法に変わりました。

同社は、生産ラインのカメラから取得したデータを分析できるマシン・ビジョン・システム（MVS）を使用して、この技術を自動化とAIでさらに強化しています。MVSによって、小袋入りの調味料など、単純に見えて、実は複数の欠陥要因が存在する生産ラインを監視・管理しています。

1つでも漏れなどの不具合が検出されれば、そのケースのパッケージは全て廃棄処分となるため、その管理も課題となります。

Kraft HeinzのLee Reece氏は次のように述べています。「小袋の密封性を維持することは非常に難しいのです。実際の生産工程では、約50種類もの不具合が発生する可能性があります。そのため、肉眼では見えないような漏れもMVSが検知できるようになりました。

以前は、生産ライン上の袋を作業員が時々ひねって漏れないかどうかを確かめるしかありませんでした。今では、画像データがMVSからAIシステムに送信され、発生した不具合だけでなく、発生する可能性のある不具合まで検知できるようになりました。生産機械自体の機能によって、効率よく検品できるようになったのです」

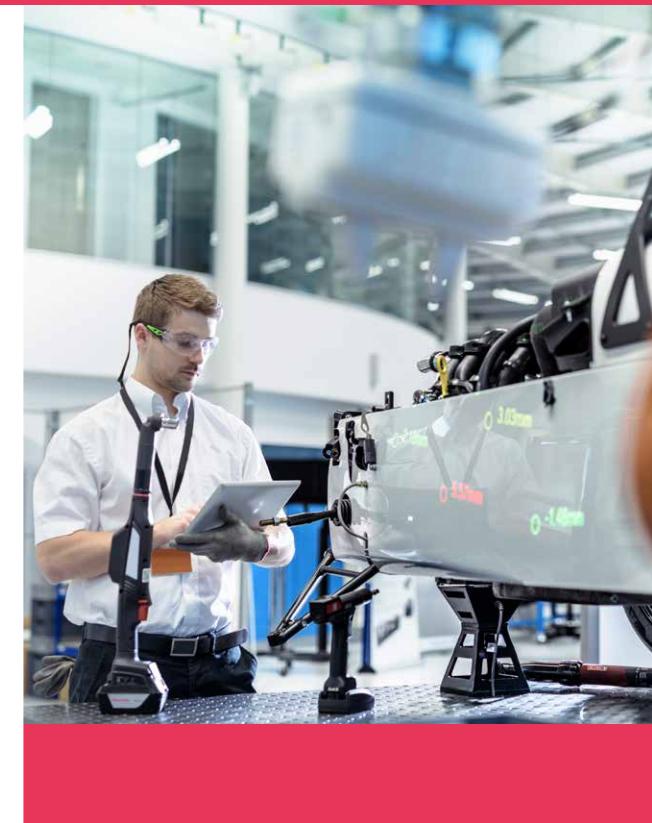
しかし、生產品質のモニタリングや不具合の予測は、デジタル組織への道のりの最初の一歩に過ぎません。Lee Reece氏は次のようにも述べています。「最初に品質分析の検討を始めたとき、1つの生産ラインのエラーに基づいて大量の製品を『隔離』するコストなど、解決すべき特定の問題があることを認識していましたが、その段階では、『適性成分、適時、適所』といった単純なことを考えていました」

Kraft Heinzは、これまで人的プロセスに頼っていた品質保証のためのテイスティングも、品質分析によって自動化しました。同社の品質管理エキスパートは、さまざまなレシピの製品のテイスティングに対応できるよう訓練されていますが、テイスティングは継続的に行われるわけではなく、時間の経過とともに蓄積される塩分量のわずかな変化を人間では感知できないため、限界がありました。しかし、コンピュータを搭載した機器を使用すると、このわずかな変化を検出できます。同社は、最新のセンサーと分析技術を活用して、製品の品質を継続的にモニタリングし、味や食感の低下防止に大きな成果を上げています。

「私たちは、デジタル制御の大きな可能性を秘めていることに気付き始めました。生産プロセスのほぼ全ての段階で適用できることが分かったのです。そして、特定の分野に焦点を当てた最初のアイデアを、投入から出荷までのプロセス全体に拡大し、デジタルマニュファクチャリングを実現しました」とReece氏は述べています。

一方で、テクノロジー、自動化、AIはデジタルファクトリーの一要素に過ぎないと同社は指摘しています。データガバナンス、分析能力、組織体制などがさらに大きな課題となる可能性があります。

Reece氏は次のように述べています。「生産ラインからデータを取得する方法を学ぶことは簡単です。そのデータを使って何をするか？インテリジェントな意思決定にどう活用するか？異なるシステムにこれをどう統合するのか？このような質問に瞬時に答えられるようになれば、より効果的なDXを実現できるでしょう」



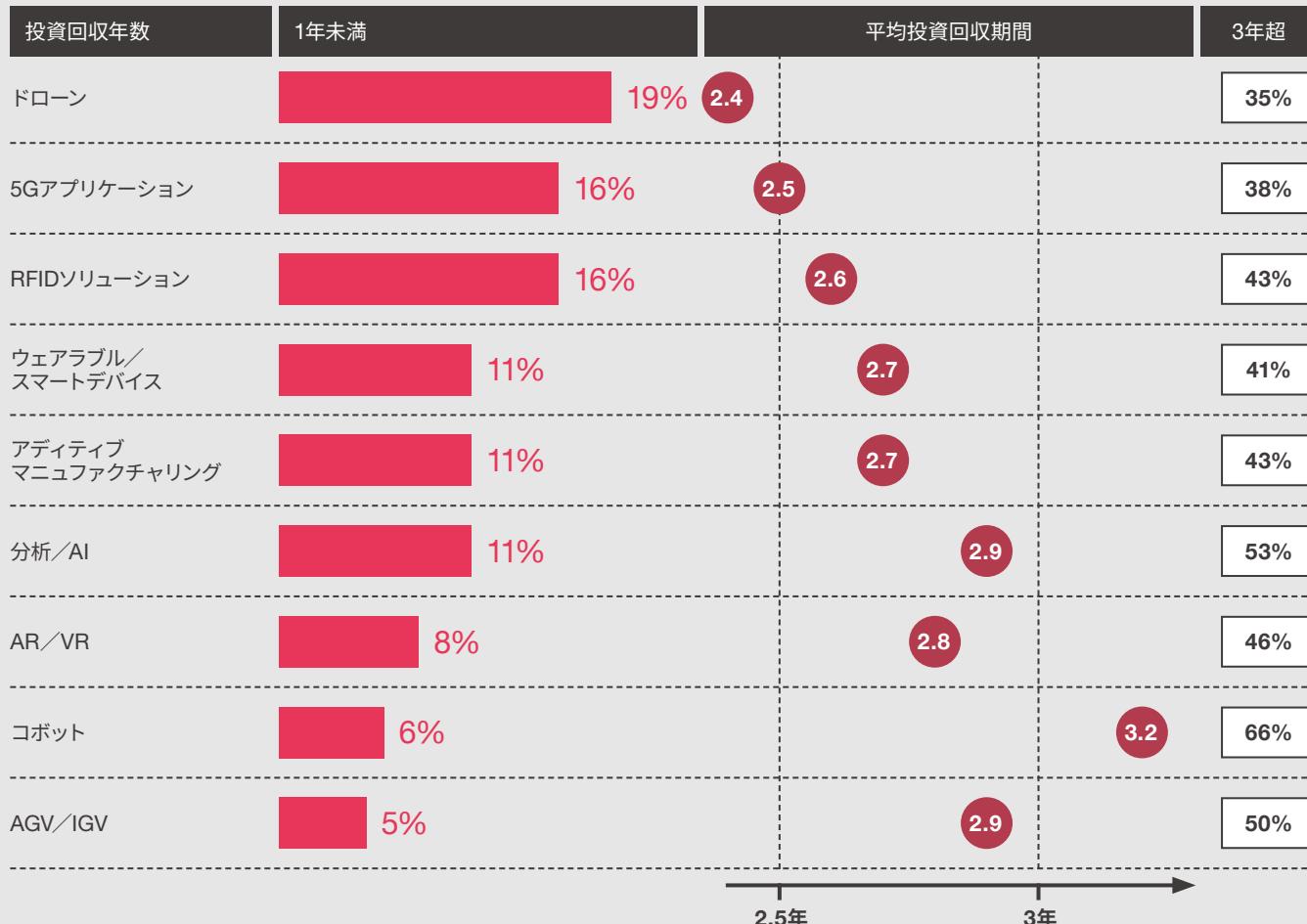
3.3 テクノロジーの投資回収期間

投資回収期間が最も短いのは、ドローン、5G、RFIDソリューションで、平均2.4～2.6年となっています。ドローンについては、5分の1近い(19%)企業が1年未満で投資を回収しています。5GとRFIDについては、16%の企業が、1年未満に投資回収を達成または達成見込みと回答しています。各テクノロジーの応用範囲が広いため、DXプロジェクトでは、このような迅速な投資回収が特に重要となります。

例えば、ドローンは危険な場所やアクセスが困難な場所での在庫やメンテナンスのモニタリングが可能です。5Gアプリケーションによって、AGVなどのさまざまな資産の接続性の課題を解決し、Wi-Fiなどの既存のネットワークを補完できます。また、RFIDを活用した非接触の情報交換によって、生産、出荷、受取を通じて、あらゆる資材、部品、製品にタグを付け、個別に追跡できるため、製品の個別化が容易になり、手作業が減り、トレーサビリティが向上し、複数のユースケースに対応するデータの生成が可能になります。

図表18 テクノロジー実装の投資回収期間

選択したテクノロジー導入の投資回収期間



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

ウェアラブル、スマートデバイス、アディティブマニュファクチャリングの平均投資期間は2.7年ですが、11%の企業が1年内に投資回収の達成または達成見込みと回答しています。スマートウォッチなどのウェアラブルやスマートデバイスを利用して、予期せぬ不具合をメンテナンス担当者にアラートで知らせたり、作業の完了をデバイスによって記録したりすることで、端末に戻ってデータを入力する手間を省きます。

アディティブマニュファクチャリングは、個別部品や複雑な形状の部品を高速かつ安価に製造できる技術です。企業は、この技術によって、従来の製造技術よりも軽量かつ堅牢な部品を開発できるため、新製品の開発の機会を拡大し、プロトタイプの限界を押し広げ、短期間で柔軟に商品を個別化します（PwC、アディティブマニュファクチャリング調査「The future of spare parts is 3D: A look at the challenges and opportunities of 3D printing」参照）。

分析とAIの投資回収期間が長く、半数以上の企業（53%）が回収までに3年超かかると回答しており、AR（拡張現実）／VR（仮想現実）、コボット、AGV／IGV（インテリジェント搬送車）の投資回収期間も比較的長く、平均2.8～3.2年となっています。1年内の迅速な投資回収を達成または達成を見込んでいる企業は10%未満でした。

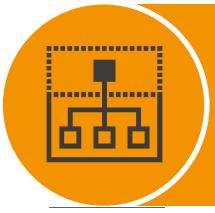
お客様の経験から、AIの導入・展開に際しては、社内で大規模な能力開発を実施して、データ活用方法を学ぶ必要があることがわかります。AGV／IGV導入に関しては、これとは異なる課題があります。企業は、AGVの社内標準の設定とオーケストレーションシステム内に統合することに苦慮しています。一方で、現場への適応には高度な柔軟性が求められます。コボットの場合も同様の課題があり、既存の生産工程に簡単に組み込めるという期待が必ずしも実現できるわけではありません。



E 組織体制

効果的なデジタルファクトリー化の実現には、適切な組織体制と、DXのニーズと企業の境界条件に対応した基盤となるオペレーティングモデルが不可欠です。最も効果的なDXを実現するには、アジャイル・デリバリー・モデルを採用する必要があります。また、組織体制については、DXの過程で、中央集権型から組み込み型へと進化させる必要があります。





1. DX推進にはアジャイル・ターゲット・オペレーティング・モデルが不可欠

さまざまな技術ソリューションを導入してきた成熟したデジタルチャンピオンと、デジタルファクトリー化に着手したばかりのビギナー組織では、そのアプローチに大きな違いがあります。DXの実績を持つ企業は、DXに対する組織の適性と、追求する最終的なオペレーティングモデルを明確に把握する必要性を重視する傾向がありますが、デジタルビギナーの企業は、デジタルファクトリーへの移行の詳細を気にする傾向があります。概して、デジタルチャンピオンは、「行き先」に関心があり、「行き方」にはあまり関心がありません。

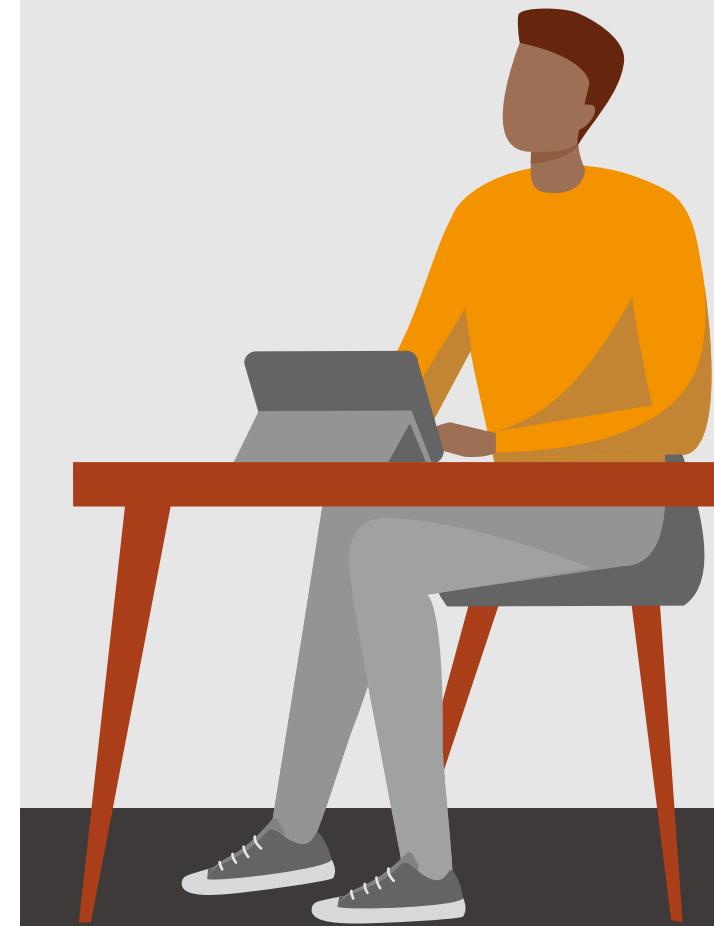
「適切な組織体制」と「ターゲット・オペレーティング・モデル」を成功要因の上位2つとして挙げたデジタルチャンピオンは22%でしたが、ビギナーはわずか9%でした。また、デジタルチャンピオンは、標準化された全体的なDXアプローチと標準化されたマシン接続を選択する傾向があります。これに対して、デジタルビギナーは、資金やロードマップなどの課題を重視する傾向がありますが、これはビギナーがDXの初期段階でこのような問題を特に懸念していることを反映しているためだと思われます。

組織体制と基盤となるオペレーティングモデルは、DXの基礎となるものです。

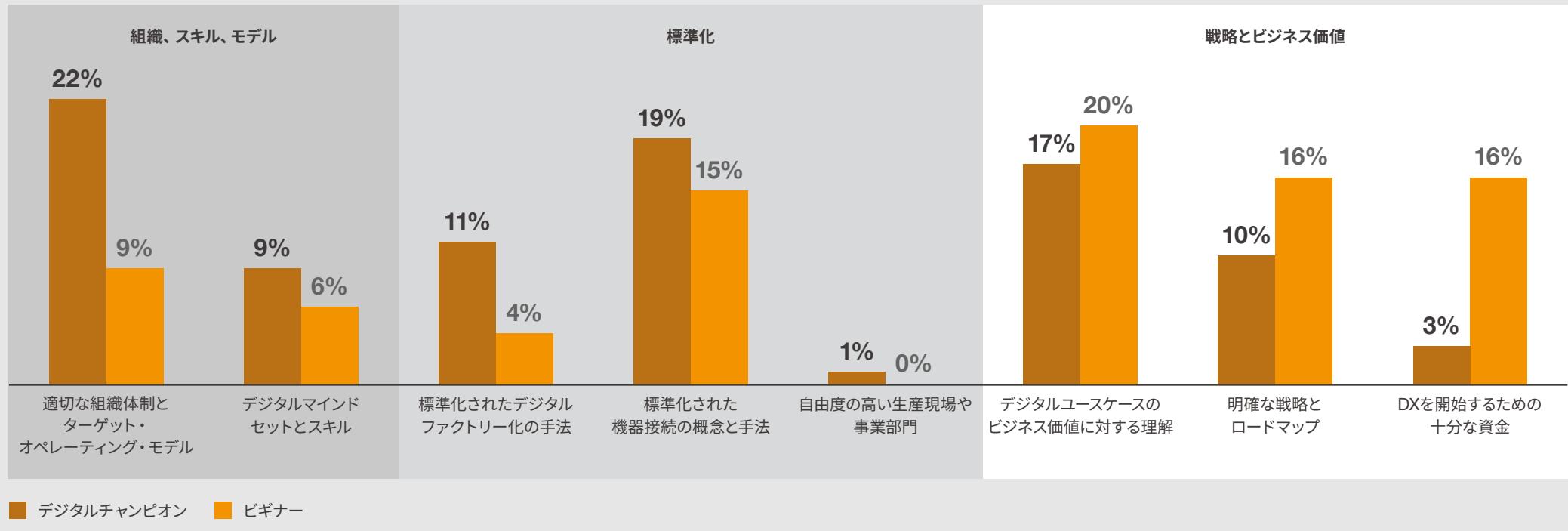
そのため、ビジネス部門とIT部門の合同チームを結成し、デジタルファクトリー化の推進に適切な人材を確保し、外部採用では得られない能力を補完することが重要です。特に、採用プロセスに時間を要する企業や、特定の人材が不足している地域では、DXの初期段階から、人材要件を慎重に策定する必要があります。お客様の経験から、適切な人材の不足は、効果的なDXを推進するうえで決定的な障害となることが分かっています。

また、基盤となるオペレーティングモデルに関しても早期に取り組む必要があります。企業は、DXを推進するにあたって、従来のウォーターフォール型か、アジャイル型のいずれかのオペレーティングモデルを選択しなければなりません。多くの企業や多くのDX戦略にとつて、アジャイル・オペレーティング・モデルが適切だと考えられますが、アジャイル型を採用する場合は、トレーニングや専任のチームが必要となります。前述のZFの成功事例は、従来のウォーターフォール型に慣れている企業が、いかに効率的かつ効果的にユーザー中心のアジャイル・オペレーティング・モデルに移行できるかを実証しています。

結論として、標準化、スクラムやSAFeなどのアジャイルフレームワーク、そしてビジネスユーザー、開発部門、IT運用部門（BizDevOps）による学際的なチーム体制で、継続的に価値を生み出すことの重要性が明らかになりました。



図表19 デジタルファクトリー化における成功要因

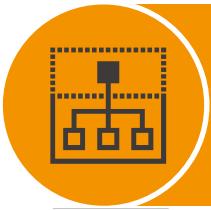


出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

“

ビジネスリーダーの多くは、直近の課題解決に注力していますが、今こそ、DXを取り入れ、長期的な事業継続性の確保を図るべき時です。”

グローバル・ファーマシューティカル・グループ、
チーフ・ファイナンシャル・オフィサー



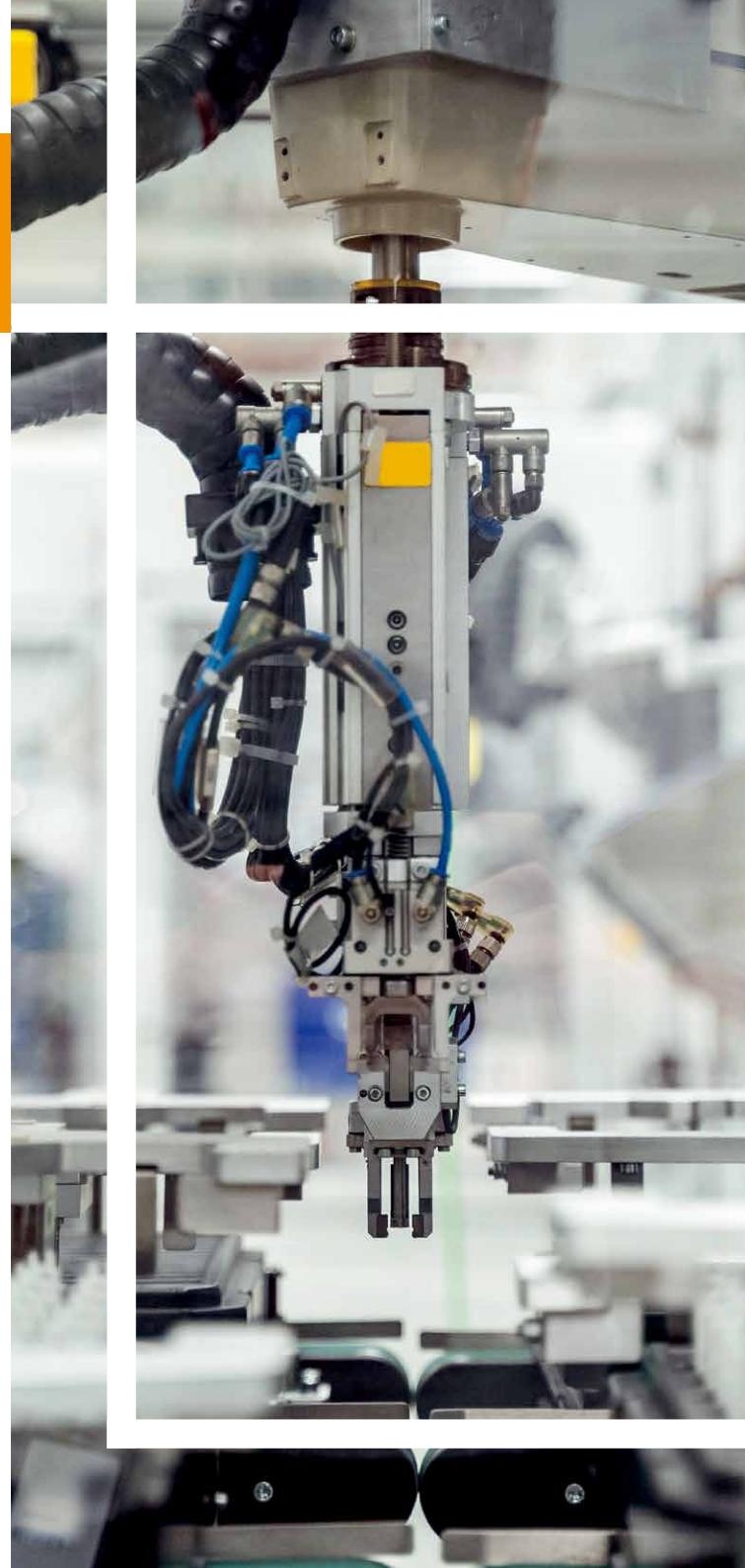
2. デジタルチャンピオンは、中央集権型から組み込み型組織体制へ

前述のように、デジタルチャンピオンは、デジタルファクトリー化において、適切な組織体制の確立と明確なターゲット・オペレーティング・モデルの開発が最も重要な成功要因であると考えています。一方で、組織力を最大限に活かして、迅速に規模を拡大するためには、DXの過程で組織体制を進化させる必要があることも当調査で明らかになりました。

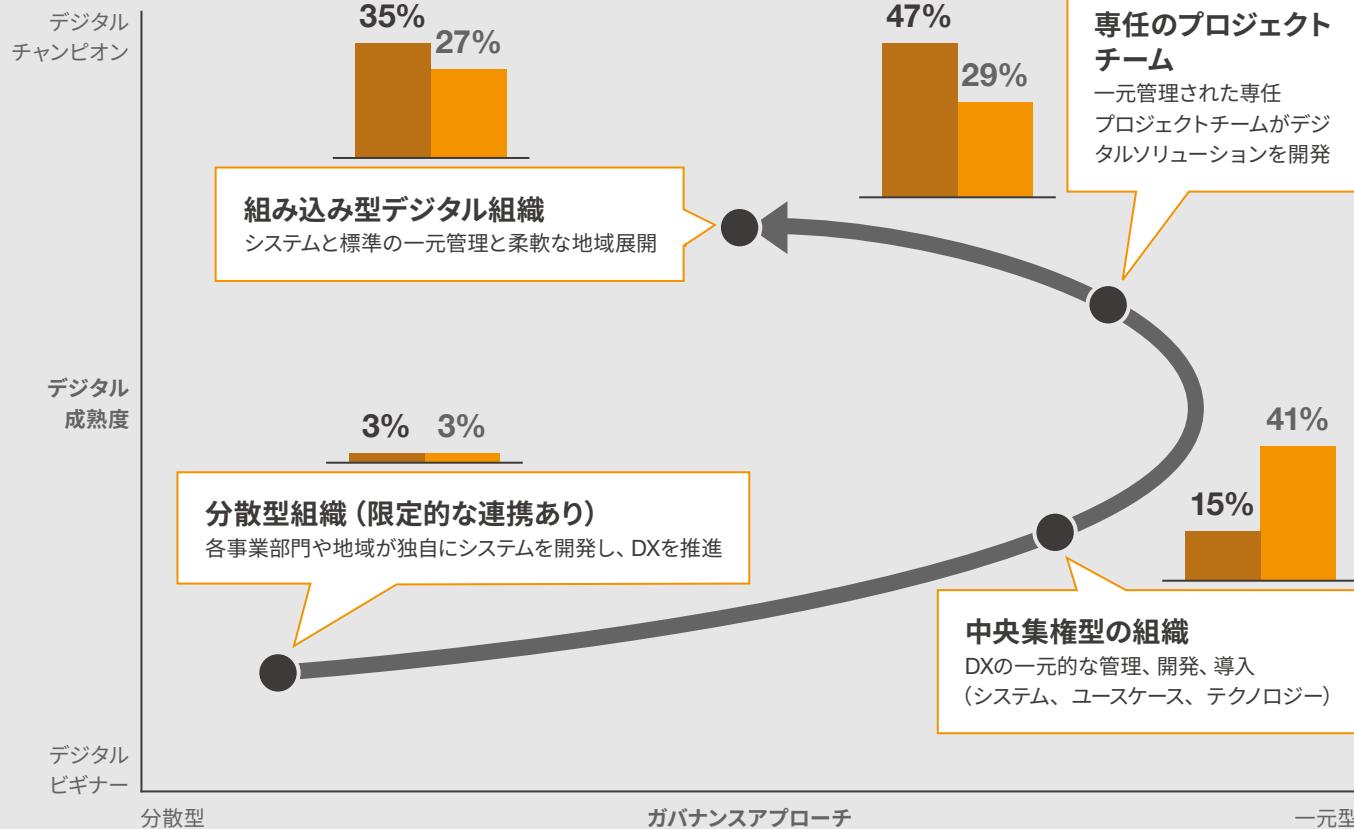
「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」結果から、ほとんどの企業が、DXの着手にあたって、中央集権型のアプローチによって、デジタルシステム、ユースケース、テクノロジーを一元管理していくことが分かりました。40%近いデジタルビギナーの企業もこのアプローチを採用しています。しかし、多くの企業は、柔軟性に欠ける中央集権型のアプローチは、多様なオペレーションの効果的なDXには最適ではないことをすぐに認識しています。特に、デジタルチャンピオンの15%だけが、中央集権的なガバナンスモデルを継続していることが注目されます。

80%以上のデジタルチャンピオンは、中央集権型のガバナンスモデルから、中央で原則、標準、デジタルバックボーンの開発を決定して、ローカルレベルでユースケースとテクノロジーの導入を管理するというバランスのとれたモデルに移行して、中央のリソースを活用して大規模かつ迅速なDXを推進しています。連携が限られた分散型モデルでDXを推進している企業はわずか3%です。

組み込み型組織には、中核となるDX推進チーム以外の機能についても、中央の経営陣が定めた指針に基づいてDXを推進できるという明らかな利点があり、必要な水準の標準化と調和化を維持しながら、従業員のイノベーションの力を最大限に活用できます。そして、標準化と調和化によって、無駄なコストの発生を回避し、より迅速に規模を拡大できます。



図表20 デジタル成熟度



出所：PwC、デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

「デジタルファクトリー化に関する調査 2022年」の結果、DXを成功させるには、ベストプラクティスやガイドラインを確立するための中央集権的な標準設定と、ローカルで導入するための分散型チームワークの両方の要素が必要であることが明らかになりました。過度な中央集権化は、組織内の潜在的知識を全て活用することを妨げますが、中央集権化の欠如は、大規模かつ迅速なDXの機会損失につながります。

DX成功のカギは、デジタルバックボーン、標準、原則は一元的に開発、管理、オーケストレーションし、個々のソリューションや生産関連のタスクは各事業部門に組み込むことになります。

“

テクノロジーがもたらす力がDXを可能にしますが、より重要なのは、文化、人、顧客の変化だと思います。”

ハイテク・エレクトロニクス・グループ、
ITリーダー

リソースとガバナンスの配分

中央ガバナンスのタスク

- ▶ デジタル戦略、ビジョン、包括的な価値提案
- ▶ デジタルバックボーンと関連システムの開発、管理、オーケストレーション
- ▶ プラットフォームとサービス
- ▶ 基幹システム機能のテンプレート管理
- ▶ プロセスの調和化と標準化
- ▶ 接続性標準の管理
- ▶ 指針と標準の定義
- ▶ プロジェクト管理と運営
- ▶ 予算管理
- ▶ ビッグデータおよび分析のセンター・オブ・エクセレンス
- ▶ 新しい技術の発掘
- ▶ DXとトレーニング
- ▶ スタートアップのインキュベーション、デジタルラボ、アイデアのリングフェンス化
- ▶ 戰略的パートナーシップとエコシステムのオーケストレーション

事業部門に組み込まれたタスク

- ▶ デジタルリーダーシップ／プライドビルダーとコミュニティ
- ▶ ユースケースの策定と開発
- ▶ テクノロジーの導入
- ▶ ロードマップ自動化ソリューションの開発
- ▶ 特定分野の専門家（サブジェクト・マター・エキスパート）の配置
- ▶ 中央ガバナンスに沿った工場別アドオンとテンプレートの開発
- ▶ 資産の接続性
- ▶ 業界特化型デジタルプラットフォームと市場参入戦略

F デジタル ファクトリー化を 成功させるための ポイント

デジタルファクトリー化は、組織の目標やDNAに基づいて、企業ごとに大きく異なります。成功のためのモデルは1つではありませんが、DXを推進する前に、全ての企業が答えるべき重要な質問を含めた成功のためのポイントがあります。デジタルファクトリー化を成功させた企業は、業界最高クラスのテクノロジーソリューションを重視しただけでなく、効果的なDX組織とガバナンスの確立に尽力してきました。また、従業員とのコミュニケーションや、十分なトレーニングを最優先し、さまざまな段階において、見直しています。





各企業が答えるべき重要な質問を以下に挙げます。

- ・企業のデジタル成熟度に応じて、DXを実現するために、**組織体制**をどのように進化させるのが最適なのか？
- ・DXの各段階において、事業部門とIT部門の**人材**がいつ、何名必要なのか、どのように**リソース**要件を特定するのか？
- ・最適な運用**デリバリー**モデルは、アジャイル、ウォーターフォールのどちらか？また、デリバリーモデルにおけるタスクをどのように優先付けるか？
- ・DXを**推進**しながら、主要な従業員とコミュニケーションを取り続ける最も効果的な方法とは？
- ・DXを実現するための**トレーニング**や外部**雇用**のコンセプトをどのように構築すべきか？
- ・DX推進中に、どのように従業員を**サポート**すべきか？

これらの質問に対する答えは、DXの設計・導入方法の決定に役立ちます。

▶ デジタル戦略、ビジョン、ロードマップ

企業は、戦略目標やデジタルビジョンを明確にする必要があります。目標やビジョンは、ユースケース、アプリケーション、テクノロジーを選択する際に不可欠な指針となります。企業は、最初から拡張性を考慮し、想定されるユースケースやテクノロジーにおける基盤となるサービス、リソース、データ要件への依存度を精査しなければなりません。ユースケース、テクノロジー、アプリケーションを特定したら、詳細なビジネスケースを策定し、DXの重点分野を検証し、必要に応じて修正します。また、必要なリソースや従業員の要件も検証する必要があります。

▶ ITアーキテクチャ設計

目標達成のためには、アーキテクチャの原型、デジタルバックボーンが重要です。基盤となるITアーキテクチャは、ソリューションでありながら、企業が迅速かつ大規模に導入する機能を損なうリスクを持つ要素です。確立されたMESソリューションなどは、ITアーキテクチャの決定が比較的容易ですが、カスタマイズされたトレーサビリティソリューション、パフォーマンス分析、デジタルツインなどのケースバイケースなアプリケーションの場合には、より難しい判断が求められます。企業は、現場の接続性にも対応する必要があります。ビジネスデータや資産の接続基準に関する課題を早期に解決できれば、よりスムーズな導入が可能になります。

▶ ユースケースおよびテクノロジーの要件の詳細化

ユースケースとテクノロジーは、ビジネス上の重要なニーズに基づいて選択する必要があります。企業は、複数の生産拠点で標準化および拡張化できるユースケースとテクノロジーを事前に選択し、何が「必須」で、何が「あればなお良い」のアプリケーションなのかを厳格に判断する必要があります。

「あればなお良い」に分類される要因は、レジリエンス、柔軟性、透明性、効率性ではなく、コストである場合が多く見られます。デジタル要件は、ユースケースやテクノロジーを選択する唯一の基準ではありません。プロセス、人材、エンドユーザーのニーズや能力も重要です。また、DXの実現には、プロセス、システム、人材が調和している必要があります。

▶ ベンダー戦略

まず、企業はデジタルソリューションを自社開発するか、外部から購入するかを決定しなければなりません。サードパーティのソリューションを利用する場合、コスト要因は、既存の標準的なソリューションで十分なのか、目的に合わせて高度なカスタマイズが必要なのかに大きく依存します。ソリューションプロバイダーは、総所有コストに対する要件充足度という単純な計算に基づいて決定される傾向があります。システム統合は、現在および将来の社内の能力とリソースにどのように適合させるか、またシステムインテグレーターの責任とアカウンタビリティをどのように管理するかという大きな課題を提起するものです。企業は、高い統制力を維持するために自社で管理するか、明確なアカウンタビリティを求めて一般的なシステムプロバイダーに委託することができます。

▶ アジャイル型のプラットフォーム、システム、ユースケース、プロセス開発

開発段階で、アジャイル型と従来のウォーターフォール型のどちらが適切かを判断することが重要です。自社開発やカスタマイズの要素が大きいほど、アジャイル型採用のメリットが大きくなります。この段階では、スプリントベースのシステム、テンプレート、プロセスの設計から始まり、コーディングやカスタマイズを行い、継続的なフィードバックとアジャイルな要件調整を実施します。お客様の経験から、ユーザーがソリューションを受け入れ、そのメリットを最大限活用するためには、社内のエンドユーザーによる継続的なソリューションのテストが重要となることが分かっています。



事例紹介

Schaeffler

Schaefflerは、どのようにしてE2EのDXを実現しているのでしょうか？Schaefflerのデジタルファクトリー化の力となるのは接続性です。

Schaefflerは、ドイツのバイエルン州に本社を置く世界最大級の同族経営の自動車・産業界のサプライヤーです。同社は広い分野で革新的なテクノロジーと、パワートレインやシャシー向けの高精度なコンポーネントやシステム、さまざまな産業向けのころがり軸受やすべり軸受のソリューション、さらに電動推進システム向けの多様な製品を提供するためのデジタルインダストリー4.0のプロセスを開拓しています。

Schaefflerの使命は、モビリティの効率化、スマート化、持続可能化を実現するパートナーになることです。

Schaefflerは、2030年に向けて、生産業務全体を通じて、柔軟性を備えたモジュール式のE2Eのデジタル生産モデルを実現するという明確なビジョンを持っています。

このビジョン実現の基盤となるのが接続性です。同社は、まず、機器類をグローバル規模で接続することに注力しました。今年末までに約2,500台、2023年末までにさらに3,500台を接続し、最高水準のオペレーションテクノロジー（OT）セキュリティ基準を確立することを目指しています。

同社は、MESやIIoTプラットフォームを含めた全てのシステムへの接続レイヤーを統一し、接続性、データ収集、OTセキュリティの単一の規格に準拠することを経営理念として掲げています。そのためには、まず、質問と回答、ステートメントの作成と処理、ストリーム処理など、分散型システムで共通のタスクを実行するメッセージを交換できる規格を確立しなければなりません。

Schaefflerが目指したのは、生産プロセスのあらゆる要素について、信頼できる単一の情報源を確保し、スマートアルゴリズムで分析し、意思決定に役立つデータを生成する能力を構築することでした。

しかし、現実の世界では、理想的なデータと接続モデルを多様な生産ネットワークに一度で展開することはできません。

接続性向上を実現するためには、従業員の新しいスキルと、それをサポートできる組織体制を開発する必要があり、同社では、接続やOTセキュリティに関するトレーニングなどを提供して、従業員の能力向上を図ってきました。

機械の接続と、適切なスキルと組織体制の構築は、Schaefflerの明確な戦略的コミットメントです。大胆な投資により、多くのユースケースを推進し、新しいMESをスムーズにロールアウトできるようになります。その結果、早期ではないにしても、投資に対するリターンを得られる可能性が高くなります。

Schaefflerは、この接続性に関する取り組みに加えて、製品セグメントごとに異なる生産プロセスの成熟度を持つ設備で構成されるグローバル生産ネットワーク向けに、クラウドベースの生産ITインフラを拡張する必要性を認識しています。

この多様なネットワークを効果的にロールアウトするため、Schaefflerでは、ボトムアップとトップダウンを組み合わせたアプローチを採用して、企業ビジョンを実現しています。トップダウンでは、個々のユースケースを実現するために、各設備のネットワークにテクノロジーを配備します。ボトムアップでは、設備ごとに特定のユースケースを作成し、その工場におけるROIを評価します。ROIが高く、拡張性を備えたユースケースは、ネットワーク全体の実装ポートフォリオに追加されます。

例えば、すでに導入されているユースケースの1つとして、Schaefflerのスループットタイム分析ツールがあります。このツールは、生産サプライチェーンを完全に透明化するもので、生産プランナー、サプライチェーンマネージャー、経営陣によって使用されています。これは、全世界で500万以上のインプットの実際のE2Eスループット時間を見える化するクラウドベースのツールで、毎月4億以上のMESおよびERPシステムのデータポイントと、現場管理システムを接続して、スループット時間の短縮と在庫削減をサポートするものです。

もう1つのユースケースは、8つの生産拠点で活用しているデジタル現場管理(SFM)システムです。ペーパーベースだった現場管理に代わって、機械や従業員からのデータをほぼリアルタイムで自動照合し、手作業によるデータ処理とそれに伴う管理負担を排除します。データはSFMボードと呼ばれる画面上の視覚化機能に配信されます。

ペーパーレスによるサステナビリティに加えて、コストや品質の点でもメリットがあります。デジタルSFMツールによって、標準化されたSFMプロセスを強化し、問題が発生した時点で、事後的に多額な費用をかけることなく、コスト効率の高い方法で解決することが可能になり、ベストプラクティスモデルを構築できます。

Schaefflerによると、このようなDXは、世界70カ所の生産拠点におけるロールアウトの計画と、リソースの割り当てが可能な構造化された組織的サポートがなければ実現できなかっただと言います。同社は、「何を、どのように、誰が」を中心に設計したDXプロジェクトに対して、3つのレイヤーで組織的に管理しています。ビジネス・デマンド・コーディネーション部門とデジタルコンピテンシー部門が、工場マネージャーと連携して必要なリソースを決定し、オペレーションITガバナンス部門がユースケースの導入方法を決定し、ITソリューション&サービス部門が開発と導入の責任を委譲し、管理しています。

Schaefflerは、将来、全ての工場が、グローバルなサプライチェーンネットワークの一部として統合され、動的に接続し、相互作用するインテリジェントな存在となることを目標としています。全ての製品とプロセスが持続可能なものとなり、全ての工場が市場の要求に応じて速やかに製品仕様を変更できるほどの柔軟性を確保することで、レジリエンスを向上し、市場のニーズの変化に対応できるサプライヤーと顧客との関係を構築することを目指しています。



“

最高のテクノロジーとプロセスを備えていても、リーダーが目標を明確かつ十分にチームに伝えられない場合や、関係者を十分に巻き込む活動ができない場合、ペースを維持することは難しいでしょう。”

ハイテク＆エレクトロニクスグループ
チーフ・オペレーティング・オフィサー

図表21 デジタルファクトリー化実現の道のり



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

▶ 導入とロールアウト

デジタルソリューションの標準化と調和化のレベルによって、ユースケース数と導入の複雑さが決まります。デジタル技術のロールアウトには、システムごと、ユースケースごと、または「ビッグバン」的な同時ロールアウトがありますが、同時ロールアウトのスピードにはリスクが伴うため、企業は事前にリスク・ベネフィット・アセスメントを実施する必要があります。また、工場間でのソリューションの拡張も重要です。パイロット工場での導入に基づいて、全社的な展開の前に、地域や事業部門にまたがる主要な工場で展開する必要があります。また、全てのユースケースの本格導入が財務的に可能なのか、それとも工場インテリジェンスの一部または基礎的要素のみで十分なのか、各工場で判断する必要があります。個々のユースケースソリューションは最小限に抑えなければなりませんが、同時に、本格的な「ゴールド」導入か、部分的な「シルバー」導入のどちらがコスト効率上優れているかを判断することもできます。

▶ 組織、人材、変化

全従業員と共にDXを推進し、受け入れ態勢を整えることが最も重要な課題となります。積極的な変更管理を怠ることは、DXプロジェクト進行の遅延や失敗の根本的原因となります。デジタルチャンピオンは、デジタル・トレーニング・プログラムを開発し、従業員がトレーニングに参加するための時間を確保し、特定の能力を社内で開発できない場合には外部の人材を採用するために多大なリソースを費やしています。また、適切なガイダンスとガバナンスを確保するために、効果的なDX組織を構築する必要があります。デジタルチャンピオンの多くは、標準、共通の手法、適切なテクノロジーを提供する中央集権組織を構築し、地域や事業部門の権限を与えられたチームに、工場における効果的なソリューションの導入のオーナーシップを与えてています。

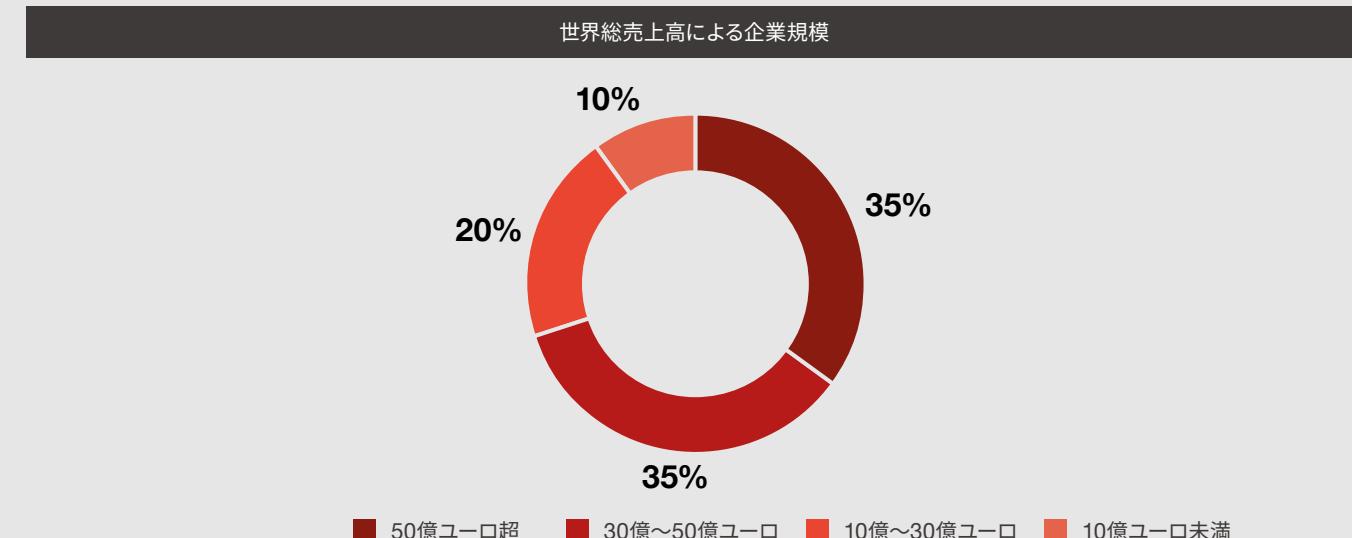
手法

2021年後半に実施した「デジタルファクトリー化に関する調査2022年」では、少なくとも23カ国の大企業700社から得た回答に基づいて、スマートファクトリー化の現状、テクノロジーとユースケースの優先順位、一般的なアプローチについて検証しました。調査対象企業は、小売・消費財、ハイテク・エレクトロニクス、化学品・プロセス、医薬品・医療機器、自動車・輸送、工業系製造の6分野の企業から均等に抽出されました。回答者は経営幹部または運用責任者で、調査に応じた企業の70%が売上高30億ユーロ以上の企業です。

当調査では、DXの成熟度とテクノロジー導入の規模に応じて、企業を4カテゴリーに分類しています。DXを完了またはほぼ完了しているスコア上位10%の企業を「デジタルチャンピオン」、次いでDXプロジェクトを大幅に進展させている企業を「イノベーター」(30%)、DXロードマップを作成し、導入の初期段階にある企業を「フォロワー」(40%)、構想・計画段階にある企業を「ビギナー」(19%)としています。

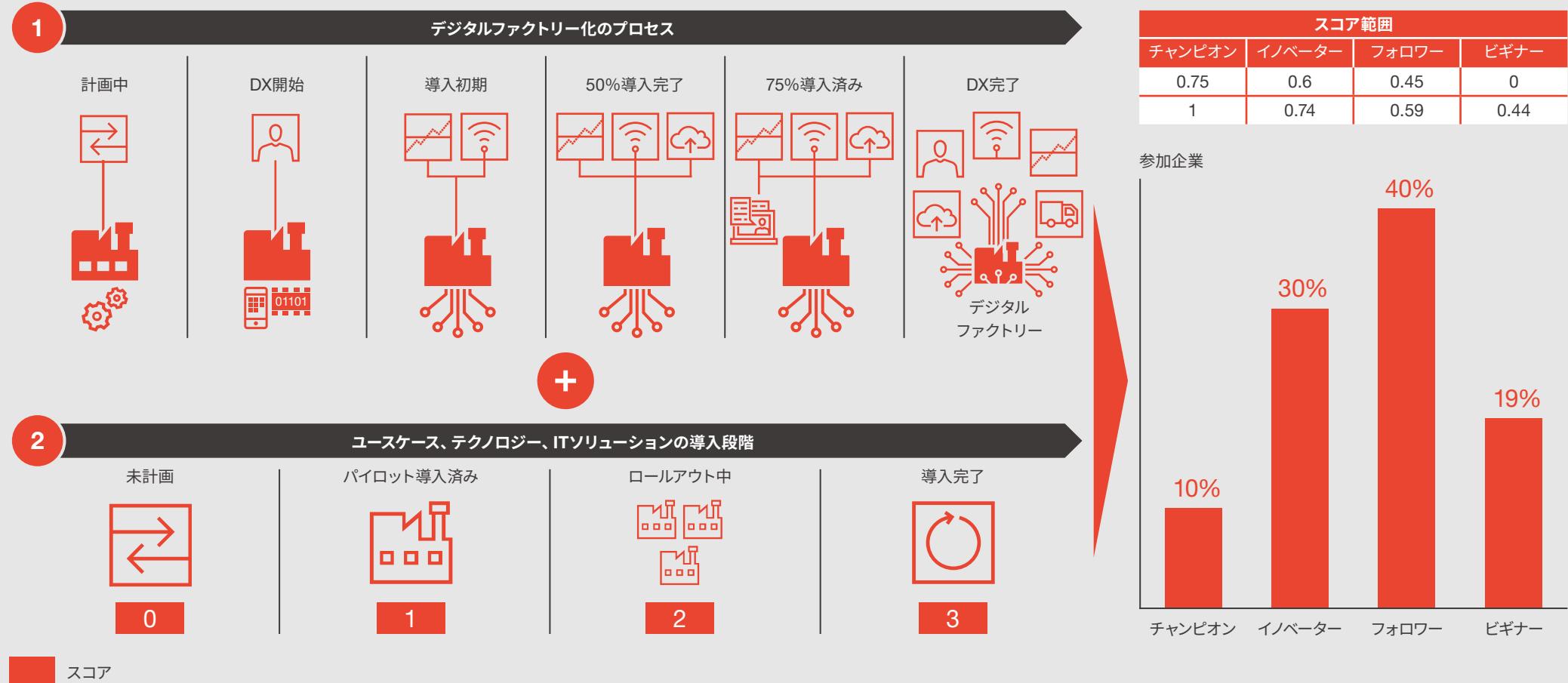


図表22 世界各国で、さまざまな業界の700社にインタビューを実施し、デジタルファクトリー化の現状とベストプラクティスを検証



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

図表23 デジタルチャンピオンの分類



出所：PwC, デジタルファクトリー化に関する調査 2022年

用語集

MES/MOM—製造実行システム／ 製造オペレーション管理	工場のオペレーション管理の要素。生産現場と管理部門を統合し、生産、在庫、品質、メンテナンスを計画、実行、管理する。
コボット—協働ロボット	人と同じ空間で作業できるように設計されたロボット。従来の産業用ロボットと異なり、人から隔離させる必要がなく、トレーニングが容易なため柔軟な活用が可能。
E2E—エンド・ツー・エンド	最初から最後まで、全プロセスをカバーし、完全な成果を提供することを指す。
ERP—企業資源計画	工場における戦略と経営管理の要素。資本、人材、資材、運用リソースなどのリソースを管理する。他の機能との接続部として、需要、入荷、財務、調達データ、HRデータなどのコミュニケーションチャネルと必須情報を提供する。
IIoT—産業用IoT（産業用モノのインターネット）	データマイニング、AI、機械学習などの高度な分析を容易にし、バリューチェーン全体におけるMES、ERP、制御システムなど複数の機能／ソリューションを統合し、サードパーティの情報を統合するためのチャネルも提供する。
PLM—製品ライフサイクル管理	統合されたITシステム環境内で、E2Eの製品ライフサイクルを管理する戦略的アプローチ。製造業のバリューチェーン全体を包括しており、製造業者が市場に投入する製品のE2Eのライフサイクルにおいて必要な全てのプロセスと情報を統合する。
ローコードオートメーション	限られたプログラミングスキルで、ワークフローの自動化を可能にし、事業部門の柔軟性を向上し、IT部門が関与することなく、視覚的インターフェースとコーディング要素の組み合わせで自動化されたワークフローを開発する。
SLA—サービス品質保証／サービスレベル合意書	プロバイダーがどのようなサービスを提供し、どのような基準を満たさなければならないかを文書化したプロバイダーと顧客間の合意書。

G 日本企業示唆

本レポートにて、不確実性な社会の中で全世界700社以上の製造業企業が、どのような戦略とロードマップを描いていこうとしているのかをご理解いただき、社会情勢の動きに先んじてデジタル化へ投資・迅速な対応を行う企業が増えることを期待します。

● 内外環境の変化により従来のサプライチェーンモデルの見直しが迫られている

- ▶ パンデミックや地政学リスクによって、需給の変動や配送上の問題が発生し、企業はそれぞれの状況に合わせた柔軟な対応を、スピード感をもって実施することが重要となっています。
- ▶ 目まぐるしい為替変動によって、逆輸入コストが高くなり、原価が押し上がった結果、さまざまな物価上昇を招く状況となりました。人件費が安く、ローコストで生産できる新興国という時代は終わりが見えてきており、海外生産を進めてきた日本企業の国際競争力が低下傾向にあるのではないかと考えられます。
- ▶ 世界各国での環境法規制や、社内外のステークホルダーからの期待の高まりによって、環境の持続可能性の推進に焦点があたり始めており、日本国内においてもエシカル消費の考え方方が浸透し始めています。つまり、利益のみを追求する考え方ではモノが売れない時代になってきていると考えられます。

● 調達先と生産地の見直しが急務。国内および近郊国での生産に期待が高まりつつある

- ▶ レジリエンスの観点
 - ・ 地産地消化など、パンデミック・地政学・為替などのリスク回避による供給力強化
 - ・ 不確実なサプライチェーンへ追随する能力の向上
- ▶ コストの観点
 - ・ 生産工程の簡略化や、人手をかけない生産（効率化・最適化）
 - ・ 間接コストの最小化のためのさらなる自動化・省力化の推進
- ▶ サステナビリティ経営実現の観点
 - ・ 必要のない配送を減らす、循環型の製品を開発するなど、カーボンニュートラルの必要性
 - ・ コスト追求型を脱却し、人権の尊重など社会への貢献を意識した生産の実現
- ▶ 実例として、国内8社が出資し先端半導体の国産化を目指すなどの動きもあり、物不足の解消、他国に依存する体制の脱却の動きも見え始めました。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）によって起きたさまざまな社会への影響も、垣根を越えた共闘で打破する試みが今後も加速していくと予想されます。

● 社会課題・要請に対応すべく、サプライチェーン柔軟化にむけた工場デジタル化の重要性はさらに高まるといえる

- ▶ 生産を複数箇所に分散したり、消費地近隣で生産したりするなどの動きは今後も継続されると推測されます。したがって、生産地・調達先・配送経路の見直しなどが必要となってくると考えます。その際には、ポータビリティが求められ、足元のDX推進である業務標準化、カン・コツのデジタル化などが重要と考えています。その上で、さらなるDXの推進、AIやロボット活用におけるSmart Factoryの実現が成り立つのではないかでしょうか。将来においても社会における不確実性は増す一方であるため、各企業においてもレジリエンスの強化、サステナブルソリューションの実装は急務といえると考えます。
- ▶ また、技術者や生産場所は限られますので、AIやデジタルツインを用いたオペレーションの効率化・最適化は不可避と考えます。また昨今、VR・ARの活用なども注目されるようになり、デジタルと生産／製造の距離が突然近くになりました。そんな中、少子高齢化による技術承継の問題も相まって、局所的な対応としてデジタル化を推進するだけでは、社会や競合他社のスピード感とのズレが生じてしまい、市場における評価も低下しかねないのではないかでしょうか。
- ▶ 工場のデジタル化においては、ERP/PLM/MESの密接な連携と共に、工場全体の可視化、製造指示や実績管理の精度向上、環境変化への追隨を半自動化することによる対応のスピード向上などが、足元の対応が必要と考えます。さらにその先の姿として、企業全体での再編や生産地変動など、ポータビリティとレジリエンスを両輪で実現させていくことが必要になるのではないかでしょうか。そのため、あるべき姿に向けたロードマップの検討など、着実に工場デジタル化の推進をしていく必要があると考えます。



PwCグローバルネットワーク



Dr Reinhard Geissbauer

PwCドイツ、パートナー
連絡先:+49 170 9391263
reinhard.geissbauer@pwc.com



Michael Bruns

PwCドイツ、パートナー
連絡先:+49 160 2600192
michael.bruns@pwc.com



Jens Wunderlin

PwCドイツ、シニアマネージャー
連絡先:+49 160 5045420
jens.wunderlin@pwc.com



Jens Fath

PwCドイツ、パートナー
連絡先:+49 160 92620568
jens.fath@pwc.com



Stefan Schrauf

PwCドイツ、パートナー
連絡先:+49 151 46123326
stefan.schrauf@pwc.com

PwCについて

多様な課題に直面し、新しいアイデアの実現に向けて取り組み、専門家のアドバイスを求めるクライアントを包括的にサポートすることで、最大限の価値をもたらす実用的なソリューションを提供しています。グローバル企業、家族経営企業、公的機関のいずれのクライアントに対しても、経験、業界知識、高い品質基準、イノベーションへの取り組み、152カ国に展開する専門家ネットワークなどあらゆるリソースを活用してサポートしています。クライアントとの信頼・協力関係を築くことは、当社にとって非常に重要です。クライアントのニーズを深く理解することによって、より効果的にサポートできます。

PwCドイツについて

21拠点で1万2,000人以上の従業員を擁し、24億ユーロの売上を計上するドイツを代表する監査法人・コンサルティングファームです。

寄稿者



Niklas Droste

PwCドイツ、アソシエイト
連絡先:+49 160 1194979
niklas.droste@pwc.com



Ugur Dayan

PwCドイツ、アソシエイト
連絡先:+49 151 25842146
ugur.dayan@pwc.com



Tony Riegler

PwCドイツ、アソシエイト
連絡先:+49 151 54396688
tony.riegler@pwc.com



Christian Schuster

PwCドイツ、アソシエイト
連絡先:+49 151 19102120
christian.schuster@pwc.com



Jan Schäfer

PwCドイツ、シニアアソシエイト
連絡先:+49 151 51031793
jan.schafer@pwc.com



Leila Fathallah

PwCドイツ、シニアアソシエイト
連絡先:+49 175 9951798
leila.fathallah@pwc.com

謝辞

Kraft Heinz

Oliver Ganschar
グローバル・デジタル・マニュファクチャリング・ヘッド

Schaeffler

Roberto Henkel
デジタライゼーション・オペレーションIT・シニア・バイス・
プレジデント

Siemens

Tilmann Kloppe
デジタル・トランスフォーメーション・マネージャー

Signify

Lars van der Meulen
マニュファクチャリング・デジタル・
ソリューション・ヘッド

Yara

Alexander Höiby
デジタル・プロダクション・バイス・
プレジデント

ZFグループ

Ruediger Ammann
Systemhouse I4.0ヘッド

PwCフィンランド

ディレクター Sami Karttunen

PwCベルギー

ディレクター Johan Van der Straeten
ディレクター Jonathan De Ramaix

日本のお問い合わせ先

PwC Japanグループ

www.pwc.com/jp/ja/contact.html



www.pwc.com/jp

PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバーファームおよびそれらの関連会社（PwCあらた有限責任監査法人、PwC京都監査法人、PwCコンサルティング合同会社、PwCアドバイザリー合同会社、PwC税理士法人、PwC弁護士法人を含む）の総称です。各法人は独立した別法人として事業を行っています。

複雑化・多様化する企業の経営課題に対し、PwC Japanグループでは、監査およびアシュアランス、コンサルティング、ディールアドバイザリー、税務、そして法務における卓越した専門性を結集し、それらを有機的に協働させる体制を整えています。また、公認会計士、税理士、弁護士、その他専門スタッフ約10,200人を擁するプロフェッショナル・サービス・ネットワークとして、クライアントニーズにより的確に対応したサービスの提供に努めています。

PwCは、社会における信頼を構築し、重要な課題を解決することをPurpose（存在意義）としています。私たちは、世界152カ国に及ぶグローバルネットワークに約328,000人のスタッフを擁し、高品質な監査、税務、アドバイザリーサービスを提供しています。詳細は www.pwc.com をご覧ください。

本報告書は、PwCメンバーファームが2022年5月に発行した『Digital Factory Transformation Survey 2022』を翻訳したものです。翻訳には正確を期しておりますが、英語版と解釈の相違がある場合は、英語版に依拠してください。

オリジナル（英語版）はこちらからダウンロードできます。

www.pwc.de/en/strategy-organisation-processes-systems/operations/digital-factory-transformation-survey-2022.html

日本語版発刊年月：2023年4月 管理番号：I202209-12

©2023 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.