



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

# 組み立て製造における 接続済みシステムの ガイド：

## PLM、ERP、MES、 さらにその先へ

6 9 8 3

6 7 3 3

1 4 6 4

ホワイトペーパー

2023年10月





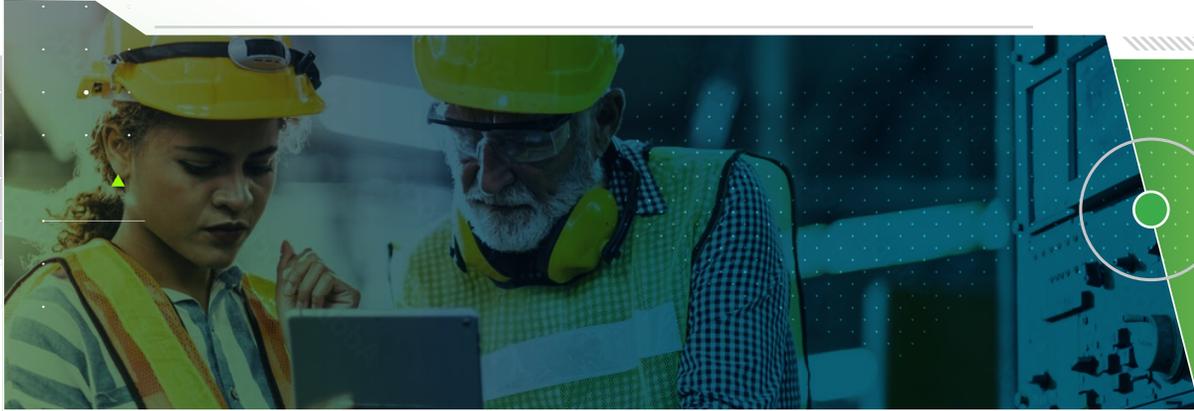
## 期待の高まり

あらゆる業界において、製造メーカーはより革新的な製品をいち早く市場に投入し、よりパーソナライズされた購入体験を提供し、工場や現場での品質を改善し、常に納期を守るといった、緊急度の高い競争圧力の増大にさらされています。これらの競争上の課題に、コストの管理、供給停止への対処、需要変動への対応を行いながら対応しなければなりません。

こういった需要に対処するために、新たに成熟しつつあるさまざまなソフトウェアテクノロジーが進化しています。これらのテクノロジーはそれぞれ、デジタルトランスフォーメーションという捉えどころのない目標の実現に役立つことを目的としています。このような動きは、企業やそのビジネス目標を支援しなければならないというプレッシャーを絶えず受けている IT（情報技術）チームにとって、複雑かつ多大な負担となっています。進歩があった場合もサイロ化されていることがほとんどで、「活動分野」ごとのアプローチで作業が隔離され、改善の取り組みが重複しています。しかし、全体的なデジタルトランスフォーメーションにおいて最も進んでいる企業は、全般的なビジネス戦略と部門間の連携を通じて、組織に重要な機能をもたらしています。このような結果を達成するには、PLM、ERP、MES などの戦略的製造サポートシステム全体でデータやプロセスを結びつける必要があります。

このホワイトペーパーは、IT リーダーやビジネスリーダーに対して、このような連携に向けた指針を示すことを目的としています。最初に、会社におけるコラボレーションのニーズを、ビジネスモデルや製品の複雑度に基づいて適切に特定する方法について説明します。次に、ニーズの一覧を効果的に作成したところで、PLM、ERP、MES 環境を統合、構成してこれらのニーズを満たす適切なツールを提供するための、実証された段階的なプロセスを紹介します。

その結果、自動化によって補強された信頼性の高いリアルタイムの情報で研究開発が強化され、より迅速かつシームレスな方法でグローバルに業務を遂行できるようになります。このようなチームは、工場、物流、調達の担当者とともに、これまでになく効果的に作業を同時に進められるようになります。



## 現代の製造業の課題 - グローバルな工場生産

グローバルな競争が激化する中、製品イノベーションが利益をもたらすのは、品質を妥協することなく最初に市場投入できた場合だけです。従来の IT 環境の中で、製品やプロセスの変更（NPI：新製品の紹介、または新製品/プロセスの改善）をシームレスに統合するにはどうすればよいでしょうか。手作業での引き継ぎや ERP、PLM、MES システムのデータ重複は品質の低下につながり、コストやリードタイム、遅延の増大をもたらし、結果的に不整合を招き、トレーサビリティの低さによって顧客の要求を満たせなくなることは明らかです。このような非効率な環境でビジネスを拡大することは困難です。作業現場のキャパシティを倍増させるには、例えばデータを入力する担当者の数を倍増させるほかありません。

透明性の欠如は変更管理の問題を悪化させます。このような問題が見られる製造システムは、製造業歴 30 年のベテラン向けに設計されています。しかし今日の製造メーカーの労働力は主に 3 年目のベテランで構成されており、フロントラインワーカーの 30% は 1 年未満の経験しかありません。さらにこの傾向は、製品がより複雑化し、変更の頻度が高まる中でも加速しています。

ポートフォリオの拡大は、さらなる品質問題を生み出します。品質、生産性、持続可能性を継続的に向上させるために、製造メーカーは新しい世代のフロントラインワーカーに対して、製品とプロセスの最も有効なインサイトを、必要とされるときに最も効果的な場面で提供して支援する必要があります。これにより、情報を探すために費やされる付加価値のない時間がなくなるほか、日常業務でのボトルネックを継続的に特定し、優先順位を付けて分析、解決するためのツールをフロントラインワーカーに提供できます。これらのフロントラインワーカーは成果を出せる環境が整った場合にのみ、継続的な改善を推進できます。

ガバナンスが弱いと、頻繁で冗長なやり取りが必要になり、非効率性が蔓延します。製造メーカーがコストの削減と品質の向上という改善目標を達成するには、製品、プロセス、リソースの運用効率を継続的に調整するだけでなく、製品とプロセス設計を持続的に評価し、最適化する必要があります。通常、前者は人件費や処理コストにより大きな影響を与え、後者は材料費により大きな影響を与えます。一般に、あらゆる製品のコストの 70% はエンジニアリング段階で決まります。

システムが統合されていない場合、エンジニアは同じデータを PLM、MES、ERP に入力しなければならず、3 倍の作業を行う必要があります。品質問題の可能性と規模は、トレーサビリティの欠如による影響を受けます。例えば、特定の日にどのような構成が出荷されたかがわからなければ、製造メーカーは可能性のある疑わしい製品を広範囲にリコールしなければならない可能性があります。情報源が多すぎると、品質や効率の低下が発生します。誤った構成が使用されるのは、変更が実施されたときにそれが適切に伝わっていないためです。その結果、製品が正しく構築されないことで発生した不具合を、顧客や製造メーカーが製品の出荷準備中に見つけなくてはならなくなります。システムが接続されている場合でも、このような問題は予告なく発生することがあります。

これらの問題に直面した場合、ネットワーク全体が自動化されていない状態で、バリューチェーンを通じてモジュール式の構成可能な製品を扱うにはどうすればよいのでしょうか。製造メーカーがビジネスの優先順位の変化、市場投入までの期間の短縮、品質の改善に同時に対処しながら、代替供給品を見つけるにはどうすればよいのでしょうか。最新のソフトウェアのバージョンを、BOM を変更することなく組み立てラインで確実に利用できるようにするには、どうすればよいのでしょうか。テストにはどのような影響が及ぶのでしょうか。工場がハッキングされたらどうなるのでしょうか。適切なレベルのサイバーセキュリティと IP 保護は、どのようにして確保できるのでしょうか。

これらの課題には測定可能な実際のコストが伴いますが、おそらく最大の（かつ最も興味深い）コストは機会費用でしょう。これらの問題が解決した場合、業績をどのくらい向上できるのでしょうか。より具体的に言えば、どのくらい利益を増やすことができるのでしょうか

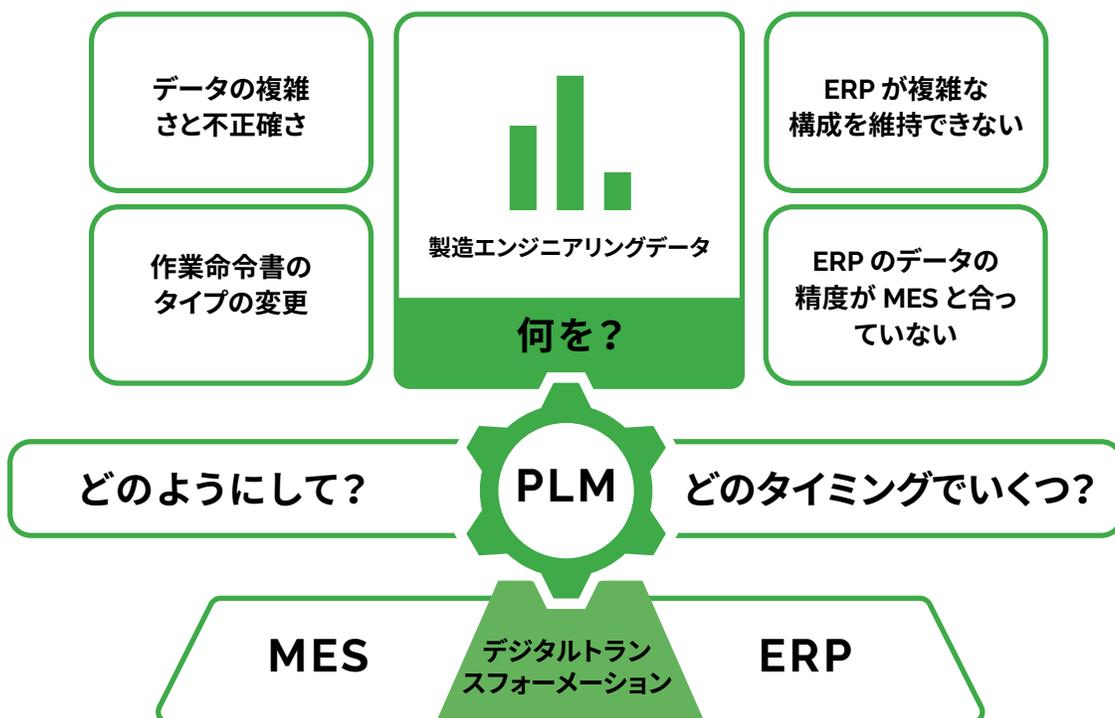
## ● 破断したツールチェーンと情報の修正

スピードとシナジー効果を実現するには、製造メーカーは自動化スタックを再考し、バーチャルコラボレーションプラットフォームを確立する必要があります。これを行うには、製品イノベーションのプロセスの最初からエンジニアリングおよび製造準備段階まで PLM を統合して、ERP、PLM、MES の境界を再調整し、製品開発と製造において重要なすべての要素を、デジタルスレッドを介して結びつける必要があります。将来の変化に対応するには、製造メーカーはポイント間の統合からリアルタイムの統合に進化する必要があります。

製造エンジニアリングでは、製造部品表、ルーティング/プロセスのプランニング、品質管理特性、標準作業指示書、標準時間といった幅広い重要なデータが生成されます。このエンジニアリングフェーズは、市場投入にかかる期間、品質、効率性が重視される製品開発と製造のバリューチェーンだけでなく、納期およびコスト厳守のサプライチェーンロジスティックのバリューチェーンでも重要な役割を果たします。

同じくらい重要なのは、製品ライフサイクル全体にわたり、下流の製造オペレーションと上流のエンジニアリング部門の間でシームレスに変更を同期化することです。従来、製品エンジニアリングのデータとプロセスは主に ERP システムで管理されており、それが MES システムに渡されていましたが、複雑さと変更頻度が増したことにより、見直しが必要となっています。

まず、ERP システムは製品や製造マスターデータのライフサイクルを管理するには設計されておらず、個別の環境で複雑な構成や高頻度の変更管理に対処することはできません。次に、ERP のマスターデータの精度は商業的な観点に照準を合わせており、MES で必要とされる技術的な複雑性とは合わないため、効率が低下します。



## PLM 内の適切なデータを MES と ERP に適切に送信

ビジネスモデルと製品の複雑さは、ベストプラクティスに影響を及ぼします。しかし、常に検討する必要のある一貫した 3 つの柱は、マスターデータを配置/整理する場所、構成管理、変更のオーケストレーションです。会社固有のビジネスイニシアティブも影響を及ぼします。組織は主要な製品イノベーション、製品品質、製品コスト、製品効率化の機会をどこで確認するでしょうか。

製品、製造、ロジスティックのバリューチェーンにプロセスを実装する方法は、相互に依存する複雑な検討事項によって変わります。

### 注文固有の顧客エンジニアリングの量 - ビジネスモデル

#### 在庫に応じた組み立て

- ・ 特定のオプションで完全に設計された製品
- ・ ERP が、事前定義されたオプションの生産を計画
- ・ 予測に基づいて製造される、特定の製品の組み合わせ
- ・ 業種：消費者向け製品、ハイテク

#### 注文に応じた組み立て

- ・ 特定のオプションで完全に設計された製品
- ・ ERP が注文を構成および処理
- ・ 業種：自動車 OEM (相手先ブランド製造)、ハイテク、産業機器

#### 注文に応じた構成

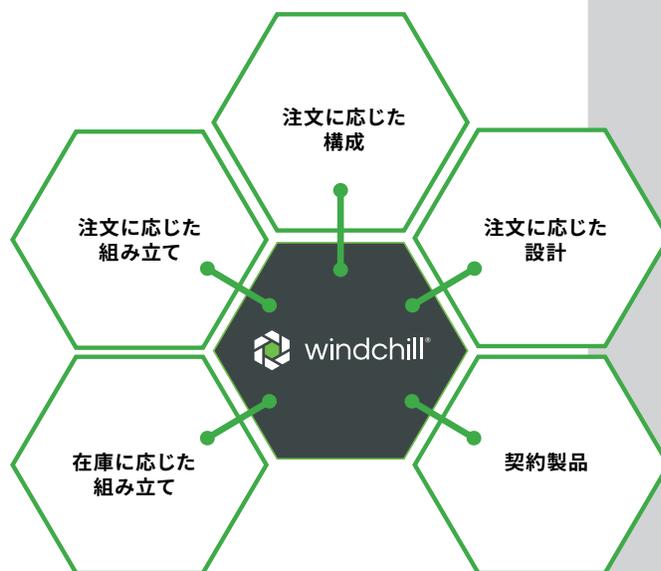
- ・ カスタム部品の作成を許可するルールにより完全に設計された製品
- ・ PLM が、エンジニアリングによって確立されたルールを使用して各注文を構成および検証
- ・ 業種：ハイテク、産業機器

#### 注文に応じた設計

- ・ 汎用製品に大幅なカスタム設計を追加
- ・ エンジニアリング部門と PLM が各注文を検証
- ・ 業種：産業 OEM、自動車部品メーカー、航空宇宙

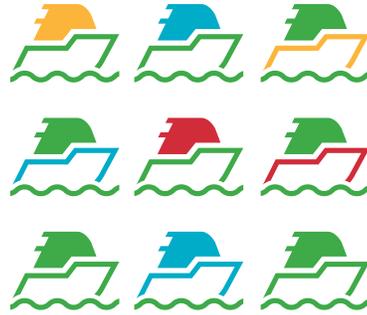
#### 契約製品

- ・ 顧客または契約固有の要件に合わせて設計および生産
- ・ PLM とエンジニアリング部門が各注文を設計および検証
- ・ 業種：防衛、プロトタイプ、カスタムツーリング

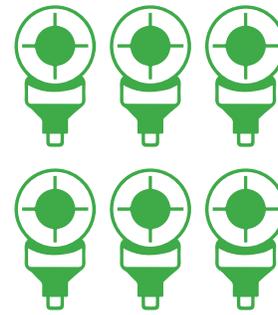




正確さ



バリエーション



ロジスティック

## 製品の複雑さ

**正確さ** - 大規模な BOM（部品表）を伴わない場合もありますが、複雑かつ正確な製造が求められます。プロセス計画には、25 のステップ、1,000 のプロセスライン、特定のステーションにおける多くの品質チェックが含まれる場合があります。40 ~ 50 のパラメータを伴う可能性もあります。この例としては、自動車のギアが挙げられます。

**バリエーション** - 製品はカスタマイズされているため、それぞれ異なります。システムが接続されていないければ、オプションやバリエーションがそれぞれ異なる個別の製品を組み立てている作業者に、適切な情報をタイミングよく渡すことはほぼ不可能です。今日構築する製品と 2 日後に構築する製品は異なります。作業指示は、顧客の注文を 100% 正確に反映しなければなりません。品質を確保するための設計変更では、生産中の製品用に適切な部品を調達しなければなりません。また、前任の作業者が残した作業を新しい作業者が引き継ぐため、作業者の離職も複雑さの要因となります。この例としては、豪華なヨットが挙げられます。

**ロジスティック** - 汎用品の製造メーカーは、安全な環境で操業しながら、それぞれが品質と価格の基準を満たした何百万もの同一製品を毎日生産しなければなりません。このようなビジネスでは計画チームが需要計画を策定し、それを営業チームと検証することで、サプライチェーンのプロセスを開始します。計画部門の業務には、需要計画、工場供給計画、パッケージング開発、製品ライフサイクル管理 (PLM)、計画のプロセスとパフォーマンス、在庫管理、S&OP（販売および操業計画）などが含まれます。需要計画の会議を実施した後、チームは工場の生産計画を策定し、調達部門が必要なすべての材料を購入します。この例としては、センサーが挙げられます。

## はじめに：製品開発用のコアエンタープライズシステム

ステップ1 - 共通製品マスターデータのアプローチにより、適切なデータを適切なツールで管理する

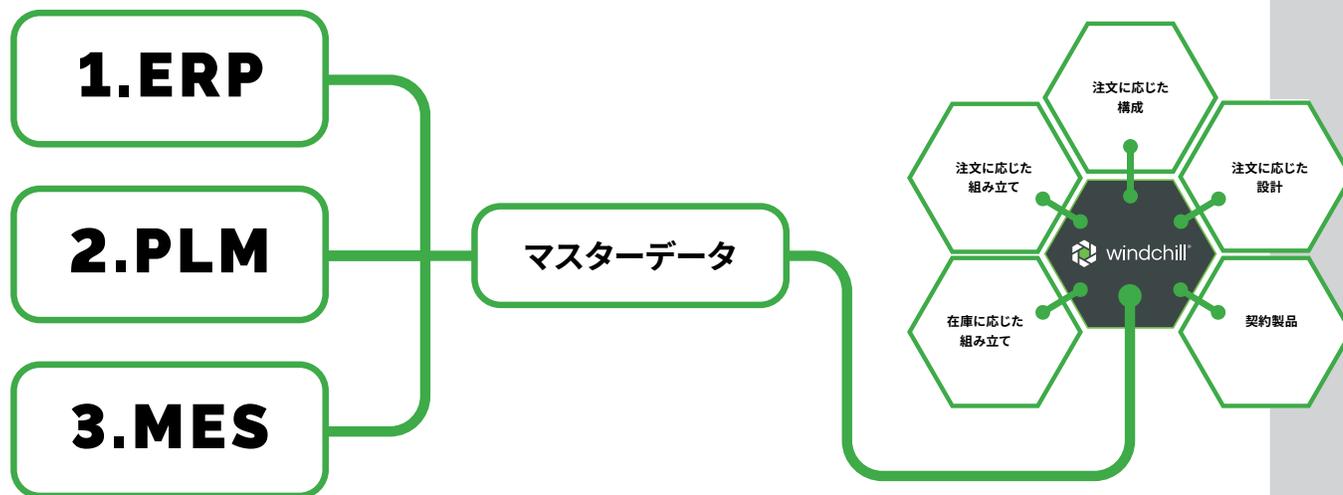
アプリケーションをシームレスに統合する取り組みにおける最初のステップは、現在製品マスターデータが存在している場所を判断し、データを特定してクリーンアップすることです。これにより、複数のシステムがそのときどきで同じデータをマスター管理することがなくなります。

例えば、ERPは製品と製造情報という上流の権限を持たないため、変化する複雑な製品について最適化された製造プロセス計画を作成して定義する機能は限られています。

さらに、効率的なエンジニアリング変更管理プロセスでは、製品設計の最新の変更を遡及して反映させる必要があります。PLMとMESの間での直接的な双方向の変更管理プロセスの方が、より効率的で確実です。

モダン化は、製品ライフサイクル全体を視野に入れた、コンテキストベースの追跡可能な製品情報から始まります。

### インダストリー 4.0



## 1. PLM（製品と製造エンジニアリング情報に基づくデータ - デジタルアセット）

- a. 部品マスター/イテレーション
- b. 製品構造
- c. 電気および機械 CAD モデル
- d. ソフトウェア
- e. 分類
- f. ドキュメント
- g. 要件
- h. 解析結果
- i. ライフサイクル状態
  - ・ 変更プロセス/いつ変更を適用するか
  - ・ EOL/廃止
  - ・ 問題レポート/変更リクエスト/変更通知
- j. BOM 変換（EBOM（エンジニアリング部品表）、MBOM（製造部品表）、SBOM（サービス部品表）の信頼できる情報源）
- k. プロセス定義
  - ・ ルーティング
  - ・ 作業指示
  - ・ ツーリング
- l. 品質仕様書/問題管理
  - ・ 管理特性
  - ・ 不適合、CAPA（是正処置と予防処置）
- m. リソース = ツーリングと機器（設備ライフサイクル管理）
- n. AML（認定製造メーカーリスト）ベンダーコード

## 2. ERP（生産計画、予測、ソーシング、コスト追跡 - 物理アセット/トランザクションベース）

- a. 物理的な情報とロジスティック情報
  - ・ プラント
  - ・ 保管場所
- b. ソーシング
  - ・ 認定ベンダー
- c. 財務と会計
  - ・ 実際の製品コスト
  - ・ 現在の売上と予測売上
- d. 作業命令書
- e. 製造プランニング
  - ・ 注文と出荷状況
  - ・ 在庫状況
- f. MES に関連する変更プロセス
  - ・ 問題レポート（ここで開始する場合があります）
  - ・ いつ変更を適用するか（ここで変更する）
- g. 調達
  - ・ 購入部品
  - ・ サプライヤー追跡/管理
- h. 材料の移動（トレーサビリティ）
- i. 製品の受領と在庫の流動

## 3. MES（生産とロジスティックの実行/実行のフィードバック - 物理的なアセット/イベントベース）

- a. 生産スケジュール（作業命令書の管理）
- b. 系譜（完成時）
- c. 作業指示書
- d. 実行とプロセスの適用
- e. データコレクション
- f. ツールとキャリブレーション管理
- g. 受入検査
- h. 品質管理
  - ・ 入荷材料検査
  - ・ 作業現場のサンプル計画
  - ・ 完成品検査

PLM、ERP、MES で最初に強固なデジタル基盤を構築することの主なメリットは、エンジニアリング部門が作業を行うそばから、その作業が自動的に下流に移動することです。エンジニアは単一の使い慣れた PLM システムで作業できます。つまり、従業員が適切なシステムで適切な作業を行うことができ、さまざまなシステムにまたがって作業したり、すでに 1 つのシステムで完了している作業を重複して行ったりする必要がなくなります。



## ステップ 2 - シームレスな双方向のプロセスフローを作成する

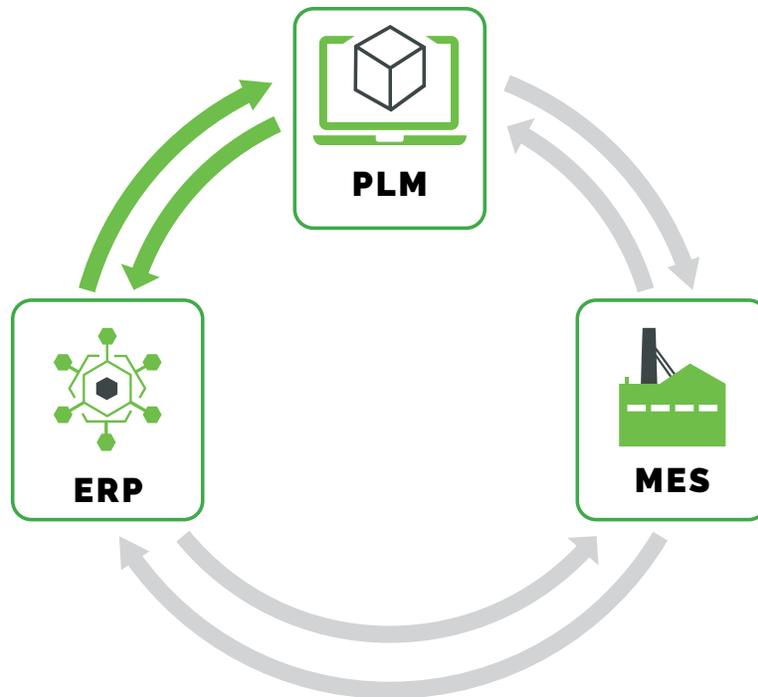
次に、関係者は System of Record (SoR) にアクセスできる同僚から情報入手するのではなく、製品ライフサイクルにおけるそれぞれの役割に応じて、必要なすべての製品情報にアクセスできなければなりません。例えば、上級製造プランナー、詳細プロセスプランナー、プラントおよびツールデザイナー、製造マネージャー、現場の作業者は、エンジニアリング部門からの最新情報にアクセスできる必要があります。設計エンジニア自身も、製造部門からリアルタイムのフィードバックを必要とします。

理想的な将来像は、唯一の正しい情報源を利用して、既存の MES および ERP システムとの間で PLM データへのアクセスを提供することで、データではなくフローを統合することです。製造メーカーは、そのときどきで複数のシステムが同じデータをマスター管理する状況を避ける必要があります。各システムは、作業に必要なデータのみを提供される必要があります。接続されたシステムでは、通常、各システムにどこからどこまでの定義を渡す計画なのかを把握することが重要です。これにより、ユーザーはデータをインサイトに変換し、エンジニアリング部門と製造部門にわたり、統一された意思決定と自動化されたプロセスオーケストレーションを促進することができます。目標は、MES をはじめとするすべての製造フェーズを対象とする組み込みの自動化機能とレポート機能により、プロセスを完結させることです。

### Christian Willmann (Vaillant) - マスターデータの品質の重要性



PLM と ERP の両方でマスターデータの品質を確保することは、デジタルアイテムと物理的なアイテムのどちらのインダストリー 4.0 でも重要です。これには、製品ライフサイクル、ビジネス規則、参照資料、MRP (製造資源計画) プロファイル、サプライチェーンのパターン全体にわたる成熟度の定義やステータス概念を含める必要があります。自社組織を、エンジニアリング (PLM) プロセスと下流 (ERP) のプロセスの両方でロールベースのワークフローに組み込むことを考えてください。必須となる PLM と ERP の統合にのみ基づき、このステップによって PLM の部品データを高精度に保ち、ERP マスターデータを自動的に補強できます。製造メーカーは、マスターデータの品質について統一された概念を持たない限り、PLM 実装の潜在的な付加価値を最大限に引き出すことはできません。Vaillant のステータス概念とビジネス規則に基づき、以前は手作業 (コピー/ペースト/トライアンドエラー) で行っていた品目マスターデータの必要な作業の 80% を自動化できます。

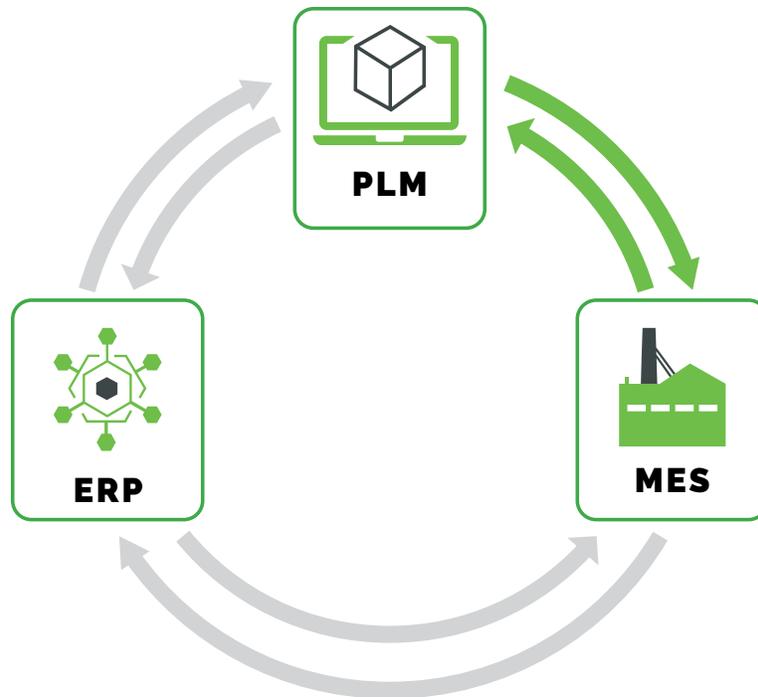


## PLM から ERP : ERP から PLM

最終的な判断を下し、デジタル形式で設計のテストと検証を行ったら、物理的な製品の製造についてビジネスの準備を整えるために、製品情報を ERP システムに引き継ぎます。ERP システムから最大限の価値を引き出せるかどうかは、PLM システムから供給される情報の品質にかかっており、これにより ERP の品目強化プロセスの負荷が軽減されます。

そのため、PLM から必要なデータは主に概要レベルの情報（品目マスターデータ、部品表、購入仕様書など）であり、技術的なデータではありません。PLM から ERP に製造品目のデータを送信する場合は、ERP で品目のコストを自動設定する（MPM とプロセスプランニングを使用している場合）のに必要なすべての定義を提供し、設定/ロジスティックのためにプロセス計画からコストとルーティング情報の品目 BOM を送信する必要があります。

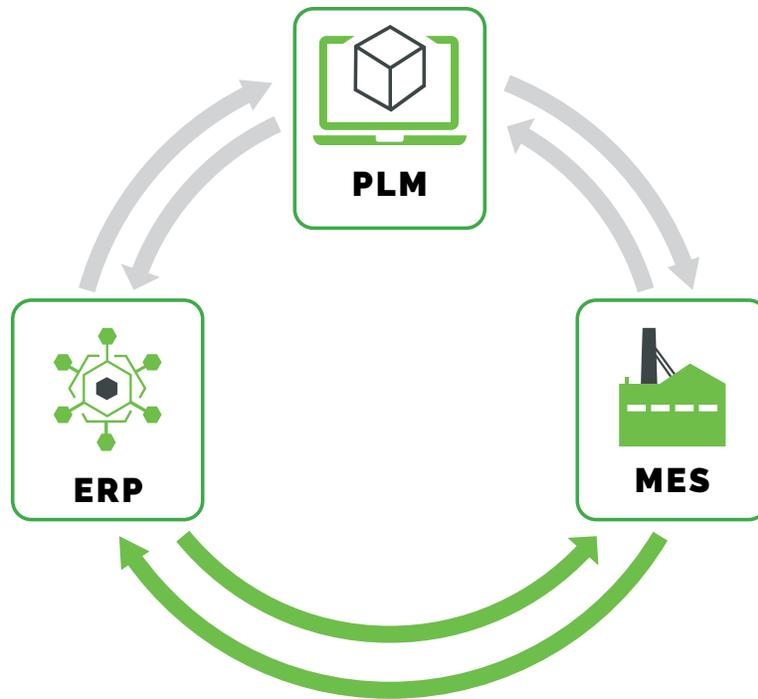
- PLM からの自動化された品目設定（製造品目）
- PLM からの半自動化された品目設定（購入品目）
- AML、部品 BOM のリビジョン、ライフサイクル状態、関連する設計変更指示
- 組織固有の部品（日付と時刻）を使用する必要がある場合は、エンジニアリング BOM から製造 BOM
- 製品のトップレベルアセンブリ (TLA) の BOM、顧客から提供された情報、重量、物量（梱包/出荷コストを判断するため）
- CTO ビジネスモデルでは、より高度なプランニングオプション（構成部品の割当プロセスを自動化するなど）を有効にするため、過負荷状態のプロセス計画を ERP に転送することもできます。
- ERP から PLM - ERP が PLM にコスト情報を供給



## PLM から MES : MES から PLM

デジタルスレッドの力により、実行に必要なデータの永続性を利用して EBOM、MBOM、プロセス計画、管理特性（代表部品や代替部品を含む）間の不一致を排除できます。PLM から MES に製造品目を送信するときは、一貫性のある技術データを提供する必要があります。ERP 内で作成された作業命令書により、MES は PLM システムから作業に必要なデータをリクエストします。その後、PLM が品目、BOM、プロセス計画を MES に送信します。

- ・ 設計変更オーダー固有の製品 BOM のリビジョン。部品リスト（平面レベルの BOM またはマルチレベルの BOM）の作成、顧客属性（製品/ラベル/出荷）
- ・ 初物検査 (FAI) コール、プロセスのチェックアウトコール、テスト構築と量産構築
- ・ 製造品目の組み立てに必要なすべての構築仕様書
- ・ ピッキング作業の促進や詳細な進捗レポートのためにプロセス計画を転送することもできます。
- ・ 検査と管理処置をトリガーするための管理特性
- ・ 数値制御 (NC) プログラム
- ・ 作業現場の製品に読み込むソフトウェア
- ・ MES から PLM - MES は PLM に、作業現場で行われる標準プロセスからの逸脱を示す不整合を含む「完成時」情報も提供します。



## ● ERP から MES : MES から ERP

注文需要のコミットと構築済み/完成品在庫の更新を行うため、コミュニケーションは双方向である必要があります。MES は ERP に、構築を完了するために消費された構成部品の数量を知らせる必要があります。また、MES は時間などの生産情報も提供し、ERP が総売上原価 (COGS) を予測できるようにします。



## Amir Mazoochi：プロセスリエンジニアリングに関する見解 - 統合された変更管理（変更レビュー会議）

製品ライフサイクルのすべてのフェーズを通じて、製品やプロセスの設計変更指示を避けることはできません。このメカニズムでは、これらの変更をすべての関係者が許容できる方法で特定、定義、追跡します。これには設計、品質、コスト、生産、顧客主導の改善が伴う場合があります。製品エンジニアリングでの小さな変更でも、製造や生産に大きな影響を及ぼします。

### ベストプラクティスと一般的なガイドライン

特定のベストプラクティスやガイドラインにより、コラボレーションを促進しながら設計ミスを防ぎ、製品開発と生産を予定どおりに進めることができます。次のような例が考えられます。

### 知識が豊富で無駄のない変更レビュー会議 (CRB) チームを作る

- ・ 現在のワークフローを確認し、今後のプロセスを最適化します。さまざまな種類の変更リクエスト（緊急、急ぎ、標準、適切な機能およびプロセス）について、合理化された異なるワークフローを検討します。
- ・ 変更リクエストの中でケースを構築します。初期のステップで次のようなすべての重要な属性を概括します。
  - ・ 変更の理由：概要
  - ・ 変更の詳細な説明：変更が必要となるケースを特定
  - ・ 変更の影響（部門、顧客、工場、サプライヤー）
  - ・ 必要な実装または実装日
  - ・ 予測される成果
  - ・ 必須となる関連認定/検証データ（必要な場合）
  - ・ 必要な場合は、顧客、工場、サプライヤーの承認を強調
    - ・ サプライチェーンと組織を理解する - コミュニケーションフロー、意思決定に関与する必要がある人、需要計画、実行
  - ・ 既存の材料と生産された製品に対する処理指示
  - ・ CRB が承認されたら次のレベルに進み、実装について主要な関係者からの承認を求める
  - ・ 完了するまでステータスをトラッキングし、進行状況をモニタリングして常にトレーサビリティを確保する

重要な成功要因は、PLM から ERP および MES へのインターフェースを作成することです。チームがあらゆる設計変更指示について作成するこれらの属性を、このインターフェースから入力し、ERP システムや MES システムに自動的にパブリッシュすることが重要です。これで、機能的で適切に構成されたデジタルスレッドにより冗長な手動データ入力の必要性やあらゆる関連リスクが排除され、真のメリットを実現できます。



### ステップ 3 - データをデジタル機能に変えて、現場のエンジニアや作業者を支援する

この時点でデータがマッピングされ、システムが適切に統合され、プロセスが最適化されたことで、利用可能な機能やツールを使用したダッシュボードビューで実行の時間や品質を分析できます。この機能により、以下を含む無数のメリットが生まれます。

- 特定の状況に応じて簡単にカスタマイズできる既成のアプリセット、または製造マネージャーから作業現場のオペレーターに至る従業員用のローコードカスタムアプリを使用して製品データを民主化できます。このエクスペリエンスはエンドユーザーにとってはシンプルに見えますが、このインターフェースの背後には大量のデータが保持されており、PLM だけでなく ERP や MES からも取得することができます。PLM、ERP、MES への簡略化された安全なアクセスにより、リアルタイムのコラボレーションが実現します。
- 作業現場の端末から問題や不適合を発生したコンテキスト（図面、ドキュメント、作業指示書、部品など）で報告することでオペレーション部門とエンジニアリング部門を結びつけることができます。
- 作業セルのユースケースを結合して作業者にシームレスなエクスペリエンスを提供しながら、主要な管理特性、スマートツール、マシンにアクセスして実行データを取得できます。作業者のコンピテンスレベルに合わせた視覚的なデジタル作業指示書を活用できます。
- 工場のオペレーションを構成し、作業現場と工場のレイアウトを再調整できます。

データ品質の向上、時間短縮とコスト削減、優れたサプライヤー統合、一般的なシステムの柔軟性向上など、その他の分野でのさらなる改善も期待できます。



## Eric Horn (MicroVention)：開始までの流れ

どのようなプロジェクトでも、開始するのは大変な場合があります。または、最初は単純に見えたプロジェクトでも、エンドレスなスコープクリープに突入する場合があります。エンタープライズシステムの結合に取り組む際の一番の推奨事項は、シンプルに始めて、学習、適応、拡大していくことです。開始するときは、実用最小限の製品のベースラインを作成して、迅速に開発し、本番運用することが重要です。

### 機能を段階的に導入するための1つの代表的なシナリオを検討します。

- ・ 部品/品目データを Windchill から ERP システムに送信する
- ・ BOM 戦略を決定し、バージョン階層を表示する
- ・ BOM データを含めるように、部品/品目メッセージを更新する（第1レベル）
- ・ ERP で部品/品目の原価計算を適切に行えるよう、不足している属性を特定する
- ・ 原価計算でルーティングが必要な場合は、ルーティングと作業指示書を作成するためのプロセス計画戦略を決定する
- ・ 原価計算の属性を含めるように、部品/品目/BOM メッセージを更新する

シンプルに始めても、やがてシステムが完全に最新の状態になることは明らかです。チームがより多くの機能に取り組むようになると、複雑性が増します。しかし、プロセスの複雑化による影響は、さらに理解が深まることで相殺されます。

最も重要な教訓の1つは、システムアーキテクトレベルで PLM、MES、ERP をシステムとプロセスレベルで根本的に理解できる人材がいることの価値です。さまざまなビジネスチームが集結し、プロセスとシステムの引き継ぎ、データ要件、個々の責任（誰が何をするか）、どのシステムがどの情報を補完するかを交渉する必要があります。指定されたアーキテクトが交渉プロセスの中心となり、自身の専門知識と専門的な判断を通じて議論を仲裁し、決定内容を絞り込みます。

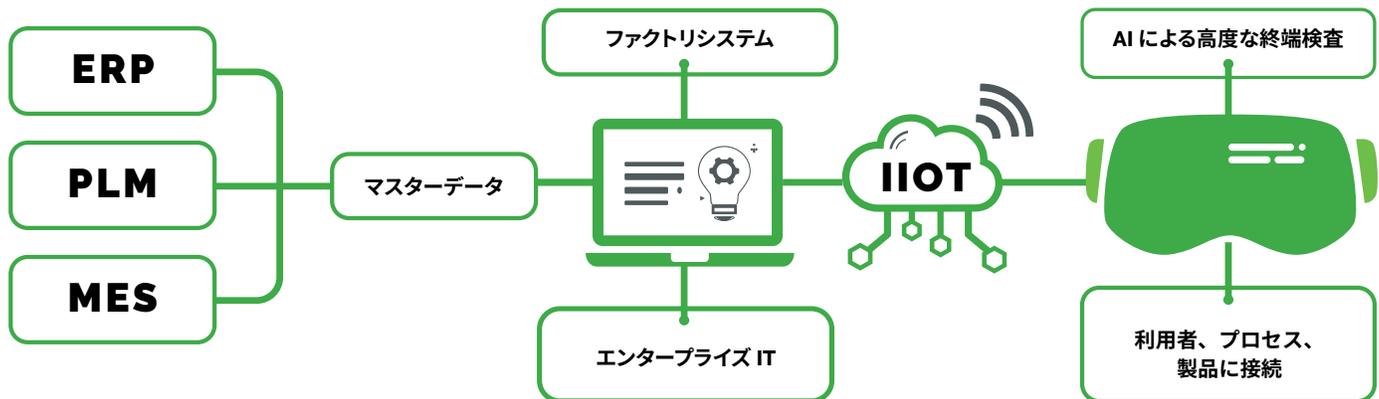
Solar Turbines では、インターフェースとプロセスに着目したことで、製造部門のエンジニアによる「回転椅子」エンジニアリングを排除することができました。エンジニアが PLM システムと ERP システムの両方で作業する必要がなくなりました。Microvention では、ERP へのデジタルスレッドを有効にして正式な承認済み記録を ERP に転送したことで、コンプライアンスのリスクを低減できました。

どちらの企業でも行ったことは、担当者が ERP でデータを操作できるアクセスを排除したことです。例えば、BOM は PLM からのみパブリッシュできます。新規アイテムを作成するアクセスも削除しました。下流の関係者は、異なるタイプの原価計算アイテムのみを作成できます。こうすることで、部品/品目の信頼できる情報源を確立しました。つまり、インターフェースの作成だけにとどまらず、下流でデータを作成/修正できないように徹底しました。担当者がビジネス上の理由で System of Record (SoR) を回避しようと試みることはよくあります。これは「緊急」の場合もありますが、プロセスを回避することはビジネスに大きな打撃を与える場合があります。すぐに品質問題が忍び寄り、さらに大きな損害をもたらす事態を引き起こす可能性があります。すべきでないことにはそれなりの理由があります。



## インダストリー 4.0 とその先へ

インダストリー 4.0 の機能をすばやく大規模に実装するため、デジタル拡張された作業指示書、バーチャル組み立て、トレーニングと立ち上げ、AI で強化された検査フォームなどにより、道を切り開いてきました。さらにデジタルスレッドを IIoT プラットフォームに統合することで、機器および、自律的、効果的、効率的に作業を遂行するためのマニュアル、ガイド、設計データの両方のリアルタイム情報を備えた次世代のコネクテッドワーカーを生み出すことができます。コネクテッドワーカーは、オフィスのドアをロックしたり、トレーニングマニュアルの埃をはらったり、機器のガイドやカタログを参照する必要はありません。これらすべてが単一の信頼できる情報源（接続されたシステム）から取得できるためです。





## 定数分析のためのデジタルツイン

1. IIoT は MES をインテリジェンスシステムとして拡張します。MES は信頼できる System of Record (SoR) として機能し、シームレスな実行に重点を置いて特定のタスクを継続的に処理しますが、MES 自体が変更を開始したり管理したりすることはありません。一方、IIoT は俊敏なインテリジェンスシステムとして機能し、動的な最適化を通じて継続的にプロセスを強化します。
2. IIoT は MES および PLM を現場作業員向けのロールベースアプリケーション（リアルタイムの作業指示書の提供と実行、問題報告、パフォーマンス分析、品質検査など）で拡張します。製品が複雑化し、労働力が不足する中、フロントラインワーカーに仕事固有のニーズや実行するタスクに合わせたユーザーエクスペリエンスを提供することは必要不可欠となっています。複雑な製品組み立てラインでは、運用上のステップが 100 以上のこともよくあり、それぞれの製品が異なることもあります。つまり異なる材料、マシン、ツール、方法、技能を使用する必要があります。
3. IIoT は、モニタリングとオーケストレーションに主眼を置く場合は、MES の代替として MES を拡張します。IIoT プラットフォームは、より高速で費用効果の高い実装といったメリットを提供する実行可能な代替案として機能します。多くの場合、特に何十ものプラントを擁する大規模なメーカーでは、ハイブリッド MES のアプローチが最も効率的で効果的な場合があります。プラントで特に実行においてすべての主要な機能を必要とし、モノリシック実装で問題ないというサイトでは本格的な MES を活用し、その他のサイトでは IIoT を MES の代替として活用できます。



## VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT (VOLVO CE) における設計と製造の一本化

PTC Windchill は、Volvo CE 社の信頼できる情報源（製品ライフサイクル全体を通じた製品データ）の確立に役立っています。これにより、すべての作業が付加価値をもたらし、集合知を高められます。Volvo 社は、手作業による引き継ぎをなくすことで、新製品および既存製品の品質と機能横断的なコラボレーションを改善しています。

Windchill は、3D モデルベースの設計に関連する取り組みを強化し、Volvo CE 社のより良い管理を可能にします。

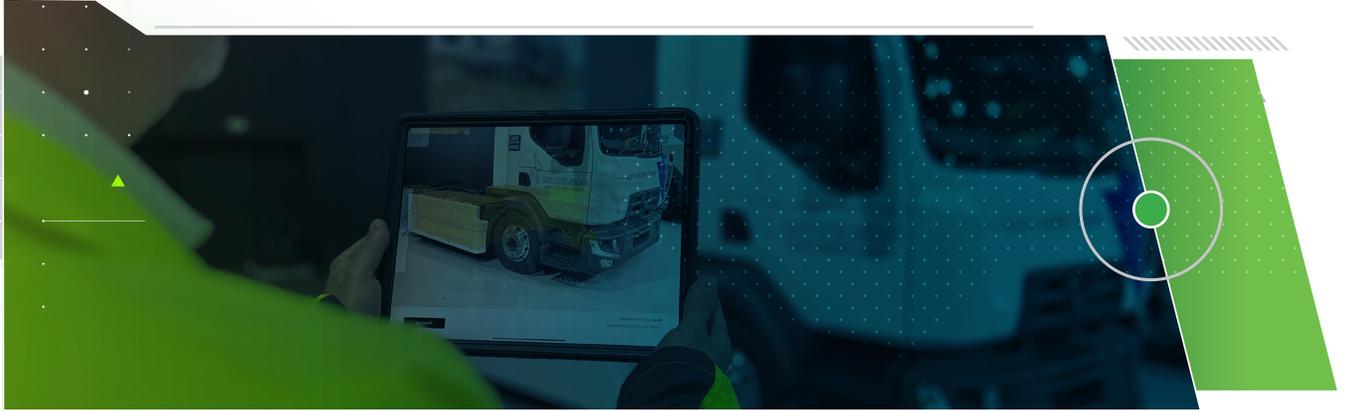
- ・ 製品構成：Volvo CE 社の製品戦略で想定されている新しいアーキテクチャーを管理できます。
- ・ コミュニケーション：同社はコミュニケーションとコラボレーションを促進する共通の言語、つまり製品情報のデジタルスレッドを作成しました。
- ・ 製品データ：チームが共通のデータセットから作業するようになったことで、製品知識をより簡単に取得して維持できるようになりました。
- ・ データ構造：Windchill によって、エンジニアがすでに開発している 3D データを製品のライフサイクル全体を通して、再利用できる機会を増やします。

### 作業効率の向上

Windchill PLM により、（バーチャル製品を確立する）上流の作業プロセスが変化した一方で、下流での作業（物理的な製品の製造）は削減されています。Volvo 社の MBOM は高い成功率を示し、より簡単に実装できます（製品のメンテナンスとプロジェクト用）。また、ビジュアライゼーションを追加したことで、ソリューションを構想および定義しやすくなります。

さらに、Windchill PLM を導入したことで、生産準備の観点から、設計者が開発の影響を検証する必要性や手作業も減少しました。

- ・ Volvo 社は、製造の開始以前から一貫した製品データ管理が行われるようにしました。
- ・ 製品が PLM 内で成熟すると、ERP や MES にプッシュされます。
- ・ 製造後の製品への変更は、生産準備中の変更よりはるかにコストがかかります。
  - ・ 設計と製造が連携した設計変更通知により効率が 30% 向上すると見込んでいます。
  - ・ 設計変更時にすべての関係者が、製品変更で協力して、下流への影響を評価できるようになりました。



## 低品質によるコストを削減

前述のとおり、手作業が減り、設計者と製造技術者が開発中に意見を交換する機会が増えることで、コストのかかるヒューマンエラーが発生する可能性は低くなります。以前はサイロ化されていたチームが連携し、初期段階で問題を特定して、構成が正しく定義されているかを検証することで、エラーを減少できます。この作業に関連して、Volvo CE 社は次のように期待しています。

- ・ 作業指示書については現状と比較してコストを 30% 削減できる可能性があります。作業指示書では低品質のデータが原因で約 30% の製品が誤って構成されていました。
- ・ 品質を上げることで製品の市場投入後も、ブランドの評判やサービスコスト（保証や修理）の低減によるメリットが得られます。

## 製品コストの削減

PLM の導入により、早い段階でシステムを評価し、費用対効果の高いソリューションを設計することができます。実際、Volvo CE 社は、作業や準備の方法を改善することで、効率が 1.4 % 向上すると見込んでいます。

## 市場投入期間の短縮

製造エンジニアリングが全体的なプロセスの早い段階で実施され、タスクは高度に構造化された方法で、プロセスに明確に関連付けられます。その結果、生産準備活動におけるプロジェクト間や拠点間で、設計者との連携が強化されます。

PLM では、バーチャル組み立てや、複数製品の連携を準備作業の中で系統的にサポートします。利害関係者は開発プロセス全体を通じて、それぞれの役割とニーズに応じてさまざまな方法で表示された共有データを通じてフィードバックを提出できます。

製品ライフサイクルを通じて、内部サプライヤー、外部サプライヤー、輸出コンプライアンス、その他の関係者との間の早期かつ継続的なコラボレーションを実施することで、時間も節約できます。



## 寄稿者について

### V. Dr.-Ing.Christian Willmann

Vaillant Group、ビジネスアプリケーション PLM 責任者

デジタル製品開発において 20 年以上の経験を持つ PLM プロフェッショナル。以前は自動車 OEM（相手先ブランド製造）やティア 1 サプライヤー、および A&D（航空宇宙および防衛）業界でさまざまな PLM ソリューションのコンサルタントとして働いていました。2015 年からは Vaillant Group に勤務し、PLM プロセスと関連する PLM ソフトウェアの運用を担当しています。機械工学の学位とデジタルファクトリーの博士号を取得しています。

### AMIR MAZOOCHI

元 Seagate Technology、研究および製品開発テクノロジスト

組織の設計業務、取り組み、人材を監督、指揮した経験を持つ技術者のリーダー。イノベーション戦略、研究と製品開発、ライフサイクル管理、プロセスとテクノロジーを通じて組織を指揮し、デジタルトランスフォーメーションの取り組みを促進してきた幅広い経歴を有しています。チームワーク、説明責任、継続的な改善に尽力しています。分析能力と問題解決能力を駆使して目標を達成し、あらゆる顧客にシームレスなエクスペリエンスを提供します。多機能チームを構築しながら、変更管理を促進することに長けています。効果的な意思決定サポートシステムの開発と実装、および新しい PLM ソリューションの立ち上げにより、収益レベルと生産性に大きく貢献した実績があります。

### ERIC HORN

MicroVention、IT 部門、エンタープライズアーキテクト

困難な状況で優れた能力を発揮する、ソリューション重視の意欲的なシステムアーキテクト。クリエイティブに問題を解決し、大きな夢を持ち、複雑な問題を解釈して、有意義なソリューションを提供することで生産性と効率性を促進します。複雑なプロジェクトに専門的な立場から貢献し、チームの優れた人材と関わりながら、革新的なプロセスを構築します。デジタルトランスフォーメーションの経験を持つ行動重視のリーダーとして、消費者向け製品、携帯機器、航空宇宙および防衛、産業機器、医療機器を含むさまざまな製造業の分野で組織全体にデジタルスレッドを拡張してきました。



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

さらに詳しい情報はこちら

[PTCの詳細を確認](#)

© 2023, PTC Inc. All rights reserved.ここに記載された情報は情報提供のみを目的としており、事前の通知なしに変更される可能性があります。また、PTCが保証、約束、条件提示、提案を行うものではありません。PTC、PTCロゴ、およびその他のすべてのPTCの製品名およびロゴは、米国およびその他の国におけるPTCまたはその子会社、あるいはその両方の商標または登録商標です。その他の製品名、企業名、またはロゴはすべて、各所有者の商標または登録商標です。

347750 Connected Systems (PLM, ERP, MES) Whitepaper

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL