



THE ADAPTIVE DIGITAL FACTORY™

Internet of Everything の世界がエンド・ツー・エンド製造業と
製品ライフサイクル管理にもたらすインパクト

キャロリン・ロステッター
セトラグ・コシャフィアン博士
ケンティー・アダムス

序文寄稿者: ブルース・ウィリアムズ



目次

序文	2
.01 アダプティブ デジタル ファクトリーとは	3
.02 SMOACT デジタル化トレンド	4
.03 製造業における Internet of Everything	5
.04 ダイナミック ケース マネジメント	6
.05 ITと運用技術の統合	7
.06 説得力のあるユースケース	8
.07 製造業における OODA ループ	9
.08 ビッグデータはモノのデータに	10
.09 デジタル転換のフレームワーク	11
.10 サプライチェーンのデジタル化	12
.11 工場のイノベーション	13
.12 工場	14
.13 画一的な製造業の終焉	15
.14 ダイナミック ケース オーケストレーション	16
.15 セキュリティ懸念	17
.16 マスター データおよびマスター ポリシー管理	18
.17 進化した製品ライフサイクル管理 (PLM)	19
.18 Device-Directed Warranty™	20
.19 デジタル処方型保守	21
.20 顧客とメーカーの協調	22
.21 インダストリー 4.0 およびインダストリアル インターネット	23
.22 製造業のデジタル転換	25
参考文献	26

序文

グローバルな製造業にもデジタル転換の波が押し寄せ、お馴染みの「製造業」、つまりモノづくりのバリューチェーンとそれにまつわる産業システムは原型を留めなくなることが予想されます。

この『アダプティブ デジタル ファクトリー』では、ペガシステムの私の同僚とジェイビルサーキットがグローバルな製造業全体で洪水のように押し寄せているデジタル化現象のインパクトの概要を詳しく説明しています。この論文はあらゆる新興テクノロジーを網羅しており、それらがどのように製造業の性質を一変させ、パフォーマンス特性を転換することになるかを論じています。バリューチェーンをデジタル化し、デジタルの世界を物理デバイスと同調させることで、設計から調達、サプライチェーン、工場全体、極めて重要なアフターマーケットに至るまで製品ライフサイクル全体でまったく新しい製造方法が可能になります。テクノロジー自体、つまりソーシャル、モバイル、ビッグデータ、アナリティクス、クラウド、そしてもちろんモノのインターネット (IoT) が関係者すべての役割と業務モデルを再定義しています。業界の基本的な構造が転換期を迎えており、次の 10 年以内に多数のメーカー企業は今までとはまったく違うオペレーションを採用することになり、前世紀の工業生産とはまるで似ても似つかないものになることは明白です。

私たちはこの業界動向と技術トレンドの収束においてお客様をサポートする準備が整っていることに興奮を覚えています。この転換を可能にするためには、かつてないレベルで簡単、便利、柔軟なエンタープライズソフトウェアが求められます。アプリケーションは業務中心、プロセス指向で、継続的な変化に対する適応性に富むものにする必要があります。ヒト、システム、モノを含むすべての要素を包含する必要があります。さらに、ダイナミックケース管理、リーン シックスシグマ、およびインダストリー 4.0 など、すでに確立され、新たに出現しつつある慣行をサポートすることも必要です。ペガのテクノロジーやアプリケーションは元々これらすべてを求められる速さと規模でサポートしています。

『アダプティブ デジタル ファクトリー』は、製造業の環境に登場しているドライバー、メソッド、テクノロジーおよびイノベーションについての包括的な調査です。具体的なユースケースや応用例についても言及しています。読みやすい、1 ページに 1 トピックの形式で書かれており、手引書兼参考資料としてお使いいただけます。

製造業 (デバイス、素材およびエネルギー) は世界の総経済産出量の 3 分の 1 を占めています。この業界で起きているデジタル化は、現代のマクロ環境における最も大きな変化の 1 つです。アダプティブ デジタル ファクトリーの著者はこの転換を専門に研究しています。共著者ともにすばやく理解でき、なおかつ示唆に富む内容で思考を刺激できるような概要を編纂しています。

ブルース・ウィリアムズ

製造業担当 VP

Pegasystems

.01 アダプティブ デジタル ファクトリーとは

モノのインターネット^[1]は Internet of Everything、インダストリアル IoT^[2]、マシン・ツー・マシン、または「インターネット接続デバイス」と呼ばれており、従来の製造業モデルを転換し、破壊する可能性を秘めています。この IoT のデバイス接続により、工場、製品ライフサイクル、サプライチェーン、および製造デバイス自体の管理方法を転換するまたとない機会が提供されます。

デジタル ファクトリーを定義する

デジタル革命によりエンド・ツー・エンドでデジタル化された意思決定のビジネス プロセスとダイナミックケース^[3]は、デジタル ファクトリーを実現するための不可欠な要素です。メーカーはモノのインターネットの機能を活用し、エッジデバイスに 24 時間 365 日接続でき、消費者とつながることができます。

デジタル ファクトリーについて、以下の関連し相互依存する要素について考えてみてください。

最適化された工場資産

従来の製造業では、工場資産の大部分は相互接続されていません。その結果、これらの資産の機能と状況は、事実上メーカー企業から見えなくなっています。すべての資産および機械は IoT により接続され、監視され、制御され、最適化できます。

処方型保守^[4]

デジタル ファクトリーのインターネット接続されたデバイスは工作機械であれ、製品であれ、プロアクティブかつ規則的に保守できます。この処方型アプローチは、インターネット接続製品の保守、監視、制御、および更新において IoT モデルの重要な利点になります。

機械の生涯価値

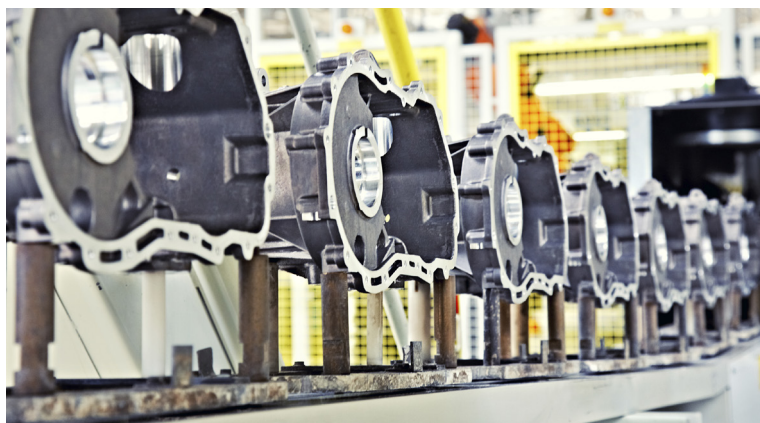
IoT はビッグデータ^[5] アナリティクスを活用して製造機械の生涯価値を最適化します。さらに、デジタル化され、インターネット接続された製造により、製造されたデバイスの生涯価値も向上します。

ビッグデータ予測型モデリング

製造されたデバイスは継続的に膨大な量のセンサー データを生み出します。デジタル ファクトリーはこのデータを発掘して潜在的なパターンを調べ、発生する可能性のあるインシデントや障害を防止するのに必要な予防型保守アクションを識別します。

3D プリンティング^[6] および IOT

手頃な価格の 3D プリンターの登場により、組織はコスト効果の高い方法でインターネット接続製品を製造でき、製造ネットワークを通して複数のベンチャー企業と組むことができます。



デジタル化により、デジタル ファクトリーを操業するメーカー企業は工場や製品に対して、リアルタイムで、またインターネット接続された製品の寿命を通してイノベーションを生み出すことができます。

ダイナミック ケースのデジタル化、モノ、ヒト、アナリティクス、およびプロセス接続により、サプライヤーから消費者に至るまで製造が合理化され、適応性が大幅に高まります。

.02 SMACIT デジタル化トレンド

ソーシャル ネットワーキング (S)、モバイル (M)、アナリティクス (A)、およびクラウド コンピューティング (C) デジタル ファクトリーではソーシャル ネットワーキング、モバイル、アナリティクス、およびクラウド コンピューティングを含む他のデジタル化トレンドを活用する必要があります。「SMACIT」^[7]は、IoTと同様、重要なトレンドを形容したものです (最後の「I」はモノを表します^[8])。

製造業に対するインパクト^[9]

それでは、この4種類のデジタル化トレンドがメーカーにどのような価値をもたらすか調べてみましょう。

ソーシャル ネットワーキング

ソーシャル ネットワーキングは積極的かつ挑戦的なインパクトをメーカーにもたらします。顧客による^[10] SNS の投稿はメーカーの評判を高めたり、毀損したりします。逆に、ソーシャル コラボレーションを実現できれば、顧客は販売店や代理店、さらには製造保守・生産チームと協調することが可能になります。

モバイル

モバイル オムニチャンネルとオムニデバイスの情報交換により、メーカーはモバイル デバイスを利用して自動化ケースワークをエンド・ツー・エンドでシームレスに開始し、完了することができます。オムニチャンネルとは、異なるチャンネルにおける一貫した顧客体験のことをいいます。オムニデバイスとは、インターネット接続デバイスでの一貫した接続性、保守、および最適化された体験のことをいいます。

アナリティクス

アナリティクスはメーカーに対し、膨大なデータに埋まっている隠された宝を発掘するのに必要なツールを提供します。製品、サービス、製造素材の処理に関する重要な情報を特定したら、メーカーはそれに基づいて行動します。ビッグデータおよびリアルタイム アナリティクスで出現しているトレンドは、メーカーが製造、保守、およびその他のプロセスを最適化するのに役立ちます。



クラウド コンピューティング

クラウド コンピューティングにより、製造バリューチェーン (消費者から製造企業の経営者・従業員) 全体で、製品ライフサイクルのどの段階にもアクセスできます。インターネット上のネットワーク、サーバー、ストレージ、およびビジネス アプリケーションで構成されるクラウド コンピューティング サービスにより、利便性とオンデマンド アクセスが提供されます。モバイル、ソーシャル、クラウド、およびアナリティクスの機能に IoT 接続デバイスのパワーが加わると、従来型の製造工場はアダプティブ デジタル ファクトリーへと変貌を遂げます。

.03 製造業における Internet of Everything

最も重要なデジタル化トレンド

インターネット革命は、ウェアラブル端末、自動運転車、スマートホームなどのデジタル デバイスでヒトをインターネットに接続し、センサーやアクチュエーターで構成された巨大ネットワークを伴ってさらなる拡大の構えを見せています。製造業の革命は続きます。工場資産と製造デバイスがインターネット接続された後は、アダプティブ デジタルファクトリーにより継続的に接続され、監視され、最適化されます。

メーカー企業は工場でインターネット接続デバイスを活用し始めており、インターネット上の固有アドレスを持つ物理デバイスにアクセスする IoT^[10] の導入に向けた検討を行う必要が生じています。メーカー企業と消費者の間の接続性を高めるモノを活用し、生み出す必要があります。これらインターネットに接続されたデバイスには、メーカー企業が監視、制御、管理に利用できる診断ソフトウェアが搭載されています。

モノとは

モノ自体にはそれほど価値はありません。ただし、モノの健全性や保守性を考慮するとき、接続デバイスと IoT の関連性を全体的な視点でとらえることが大切です。その全体的な視点から、Cisco は IoT を Internet of Everything^[11] と説明しています：

1. **モノ:** インターネット上に固有の URL を持つインターネット接続デバイス。
2. **ヒト:** エンド・ツー・エンドのプロセスまたはダイナミック ケースでモノと関わる参加者。
3. **プロセス:** 最も基本的なレベルにおける、ビジネス目標に向けて調整された複数の活動またはタスク。プロセスの参加者にはヒト、モノ、エンタープライズ アプリケーション、およびビジネス パートナーが含まれます。
4. **データ:** ヒトやアプリケーションよりも速いスピードでモノにより生成されます。IoT データは多くの場合リアルタイムで分析され、応答される必要があります。

これら 4 種類のエンティティ タイプは相互にまたは全体で関連しています。ここで定義されるプロセスとは、構造化されたプロセスまたはダイナミック プロセス (ダイナミック ケースを含む) を指す一般的な用語として用いられています。



.04 ダイナミック ケース マネジメント

最適化および自動化されたアダプティブ デジタル ファクトリー

工場では複雑なプロセスが実行されます。各プロセスには製造品を処理し、生産するワークフローに求められる複数のマイルストーン、タスク、およびビジネス ユニットが関係しています。製造業のアフターマーケット (例、保守およびサポート) においても複雑なプロセス^[12] が関係しており、工場の敷地を超えて、相互に関連しているものの他と区別できるリソースを調整し、管理するという課題に対処する必要があります。

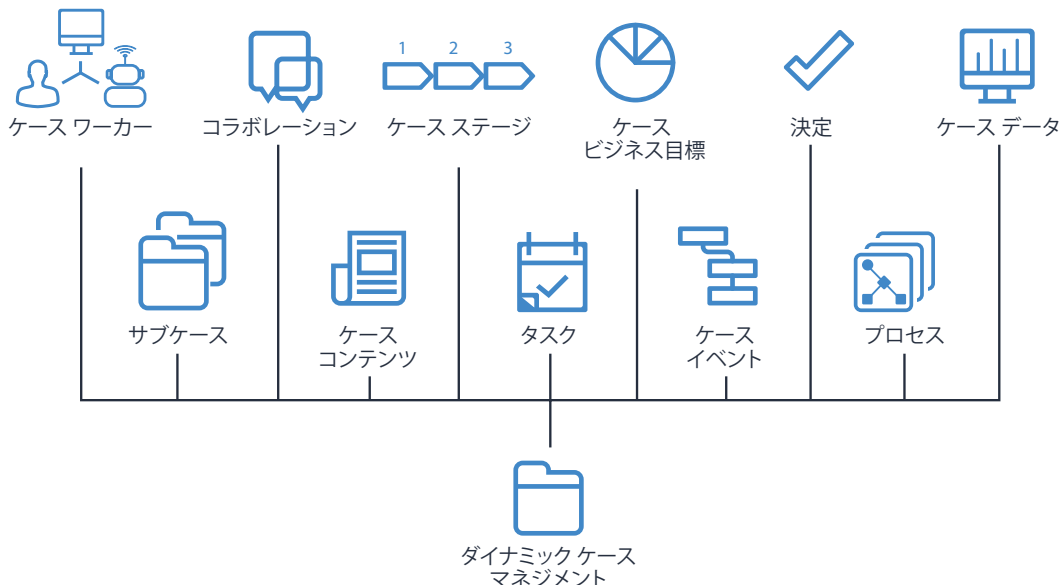
ダイナミック ケース マネジメントでは、インターネット接続デバイスについて最先端のサポートがエンド・ツー・エンドで提供され、デジタル ファクトリーの課題 (とその機会) に対処する最適な手法となります。

ダイナミック ケース マネジメントの機能

DCM の機能では、以下のような IoT ケースに内在する複雑な構成要素に対応できます：

- **ケース ステージおよび目標:** プロセスの作成、管理、レポートおよび Cases of Everything (モノのケース)。モデル主導型のケースの設計は、各ケースのマイルストーン (ステージ) を識別することで達成されます。ペガの製造業向けソリューションを活用すると、顧客からメーカー企業、サプライヤーに至るバリュー ストリーム、および現場を DCM のステージでマッピングできます。
- **DCM の参加者としてのモノ^[13]:** ケース ステージやプロセスには、製造、事務スタッフ、フィールド サービス プロバイダー、顧客、モノを含む多数の参加者が関わります。DCM により複数のエンティティ (ヒトやモノ) を表示、確認して、作業し、ケースやプロセスに割り当てることができます。
- **監視および改善:** DCM ポータルおよびリアルタイム レポートにより、製造ケース ステージの業務を監視できます。ユーザーはケースの各ステージで作業の進捗状況を管理します。ペガの Business Intelligence Exchange では、データをデータ ウェアハウスにエクスポートでき、エンタープライズ全体で完全な DCM の可視性が提供されます。
- **ケース コラボレーション (パルス):** コラボレーションは、同じワークグループ内の他のユーザーと共有するインスタント メッセージ、ファイル、URL の形をとります。投稿は公開または非公開にできます。
- **ケース データ (プロパティ):** ケースやプロセスはユーザー インput、外部システム、ビジネス ルールや計算結果を含む、各種ソースからの異なるデータ モデルを採用する場合があります。このデータをケース内のすべてのプロセスに伝達することで、ケースやプロセスの機能を向上できます。
- **ダイナミック およびアドホック タスク:** タスクは、内容、役割、技術、またはそれら 3 つの組み合わせに基づいて、ヒト、モノ、自動エージェント (ボット、ロボットなど) に割り当てられます。作業員および管理者はアドホック タスクを動的に導入でき、個別のケースに関連して新しいプロセスの必要性を検討することもできます。ダイナミックおよびアドホック タスク機能により、ビジネスの目標を達成する避けられない作業の変更、より賢い作業処理、およびソーシャル コラボレーションがサポートされます。

ダイナミック ケース マネジメントは工場内外そして消費者との接続性、つまりエンタープライズを超えた領域についてもエンド・ツー・エンドでサポートします。



.05 ITと運用技術の統合

ITと運用技術システムの統合^[14]

従来、製造業は OT (運用) と IT (情報) という 2 つの部門に分かれていました。運用技術 (OT) はリアルタイムで感知、監視、制御する資産やデバイスにフォーカスしていますが、情報技術 (IT) はエンタープライズ全体でアプリケーションのポートフォリオ管理にフォーカスしています。

現実世界とインターネットが急速なスピードで収束している現在、企業は新しいタイプのアナリティクスおよびインテリジェンスを得るため、MES、SCADA、PLM、およびプロセス制御システムのデータ統合を欲しています。

OTとADAPTIVE DIGITAL FACTORY®

Adaptive Digital Factory®では、デバイスはますます賢くなり、監視、保守、および継続的改善のために自動化されます。これらのデバイスは、マニュアルまたはコンピューターで制御され、完全な生産 IT アプリケーション一式に接続されます。組織内のサイロ化された部門を接続し、顧客へのバリュー フローを改善するため、プロセスはデジタル化され運用可能な状態にする必要があります。

OT-IT 統合のためのリファレンス アーキテクチャや通信標準が出現しています。その 1 つは製造工場の IT エンタープライズソフトウェアを統合する目的で設計されている ISA-95^[15] 標準です。以下の図はそのレベルと関連するシステムを示しています。

IoT ワールド フォーラム リファレンス モデル

レベル

- 7 コラボレーションおよびプロセス
(ヒトおよびビジネス プロセスを含む)
- 6 アプリケーション
(レポート、アナリティクス、コントロール)
- 5 データ抽象化
(集約およびアクセス)
- 4 データ蓄積
(保管)
- 3 エッジ コンピューティング
(データ要素分析および転換)
- 2 接続性
(通信および処理ユニット)
- 1 物理デバイスおよびコントローラー
(IoT の「モノ」)



出典: IoT ワールド フォーラム リファレンス モデル
<http://www.1otwf.com/resources>

.06 説得力のあるユースケース

製造業におけるインターネット接続デバイス

前述のとおり、モノ自体にはそれほど価値はありません。製造業における Process of Everything (PoE)^[16]の主な転換ユースケースには次の3タイプがあります: デジタル化されたインテリジェント プロセスへのフォーカス、例外イベントの検知と対応、モノにより生成されるビッグデータの操作。

プロセスのデジタル化

テクノロジー スタックへのフォーカスからインテリジェントなデジタル化プロセスへの飛躍

IoT のデジタル転換の真の成功を決定づける重要な要件は、プロセスをエンド・ツー・エンドでデジタル化することです。プロセスはインプット、タスクのオーケストレーション、そして完了時のアウトプットとなるビジネス成果で構成されます。従来、プロセス オートメーションではヒト、ビジネス パートナー、またはエンタープライズ アプリケーションのオーケストレーションを行っていました。プロセス参加者の置かれている状況はモノの台頭により変化しています。

サプライヤー、インターネット接続されたモノを組み立てる OEM メーカー、代理店、潜在的には小売店や販売店を含むサプライチェーンの連携を考えてみてください。参加者にはサプライチェーン内の異なる組織に所属するスタッフも含まれます。モノにはセンサー データを問い合わせたり、タスクの実行を要求したりすることができます。自律的または半自律的なモノがビジネス プロセスのアクティブな参加者となります。



イベント感知および変化のデジタル化

イベント処理および変化のデジタル化

最も普及しているユースケースの1つはモノが例外イベントを感知し (IoT センサーを活用)、対応と解決に向けてデジタル化されたエンド・ツー・エンドのプロセスを起動する、というものです。デバイスに機械の故障やソフトウェア障害が発生した場合が考えられます。モノは自律的に感知し、直接または仲介レイヤーを通して、例外プロセスを起動します。一般に、対応し解決する事務所や現場での作業者を監視することも含まれます。IoT でデジタル化されたエンド・ツー・エンドのプロセスを実行する際には数多くのポリシーが関係してきます。

モノのデータをデジタル プロセスに転換

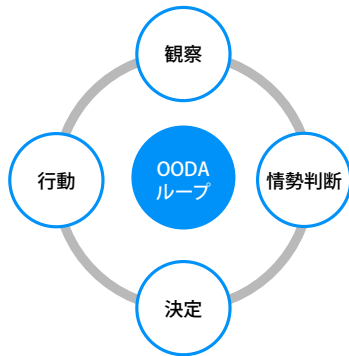
モノのデータ アナリティクスを運用可能に

プロセスをインスタンス化するのは個別のイベントだけではありません。ビッグデータは最終的には「モノのデータ」^[17]になります。時間の経過とともにモノのデータ (およびデジタル プロセス) が保管され、分析されます。そしてその分析技術で発掘した情報が予測型モデルとなり、ビッグデータの主要な情報源となります。

デジタル転換においては、モノのデータからパターンが認識され、そのパターンがデジタル プロセスに適用されます。時折、これらのイベントが発生する際、リアルタイム アナリティクスと相互に関連する必要があります。予測型アナリティクス モデルやリアルタイムのイベント相関に基づき、デジタル転換ソリューションはアクションを実行するか、ヒトやロボットなどに次善のアクションを推奨します。

.07 製造業における OODA ループ

デジタル ファクトリーにおける戦略的な決定



OODA^[18] ループは監視 (Observe)、情勢判断 (Orient)、意思決定 (Decide)、および行動 (Act) を表します。米国空軍を退役したジェームズ・ボイド大佐により提唱された、戦闘で敵に対して戦略的優位を確立するためのアプローチはボイドサイクルとしても知られています。

OODA はリーン製造の P-D-C-A サイクル (Plan-Do-Check-Act) とも関連しています。OODA および PDCA は両方ともどのように決定がなされるかを示したものです。端的に言うと、データとイベントを観察し、意味を判別し、ノイズを除去し、新しい情報が入り次第、情勢を判断し直し、継続的に繰り返されるループですべてのアクションを実行する必要性を強調しています。

OODA モデル

デジタル ファクトリーで採用される OODA モデルのアクション フローおよびリアクションには、ヒト、マシン、およびモノからのデータが含まれます。利益率の低い過酷な市場環境においては、考える能力や競合企業よりもすばやく行動できる能力は明確な差別化要因となります。実際、サプライチェーン マネジメントの改善や操業コストの削減は、製造業およびハイテク産業において実施されている多数の PoE 関連プロジェクトの主な推進力となってきました。

OODA の構成要素がデジタル ファクトリーにどのように適用されるか調べてみましょう。

監視: 監視はデジタル ファクトリーにおける知識労働者の経験や直観、または新たな発見を求めたデータ (増大するモノのデータ) の収集のいずれかに対応しています。このデータの情報源にはモノ、プロセス、エンタープライズ アプリケーションが含まれます。

情勢判断: 情勢判断は特定のコンテキストにおける知識や洞察から生じます。情勢判断は専門家の知識を収集してデジタル化するか、ビジネス ルールを通して行われます。あるいは、情勢判断はデータからの発見モデル (例、予測型アナリティクス) を通じて発掘することもできます。

意思決定: 観察と情勢判断から、優先すべき決定オプションを提示できます。ユーザーまたはシステムが一連のアクションを選択します。ほとんどの場合、考えられるアクションのリストから最初のアクションまたは最善のアクションが選択されます。

行動: デジタル ファクトリー内の特定のコンテキストにおける導入システムおよびアプリケーションの意思決定に基づくアクション。ユーザーは優先順位を付けられた意思決定のリストに基づいて行動します。これは特定のコンテキストまたは状況における「次善 (Next Best) アクション」^[19]として知られています。

一般的なユースケース

実際、顧客がフォーカスする IoT ユースケースの大部分において、以下のことが行われます:

- 工作機械やデバイスからのストリーミング データや複雑かつ異常なイベントの発生から問題を検出する。
- トリアージ、診断、最も問題を修正する可能性があるアクションの推奨を自動化 (もしくは最初から問題の発生を予防)。
- 一般にダイナミック ケース マネジメントを利用して、問題を解決するアクションを実行する。システムがある程度問題を検出して解決すると、自己学習により OODA ループが自動的に繰り返されるようになります。

.08 ビッグデータはモノのデータに

アダプティブ デジタル ファクトリーのデータ インフラの構築

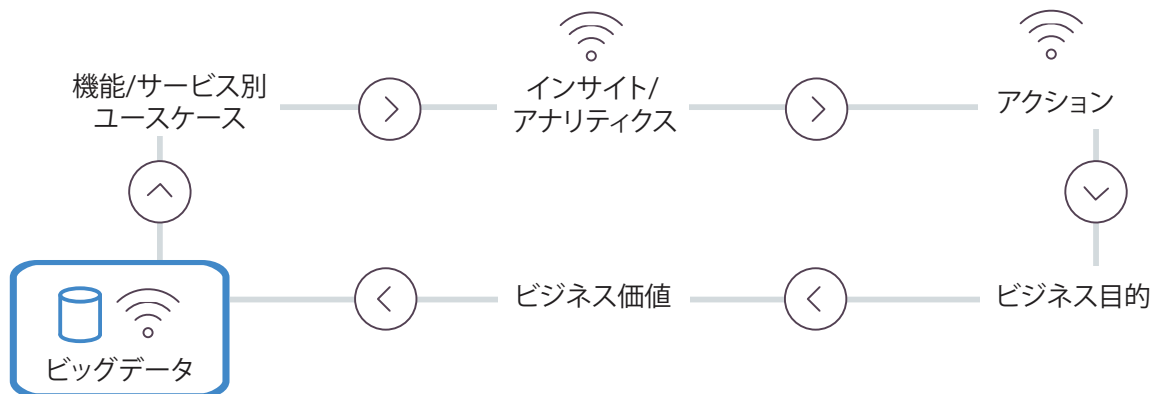
すべてのデバイス、ネットワーク、ヒト、リンク、マシンなどから蓄積されるすべてのデータがビッグデータと呼ばれていることは不思議ではありません。^[5] 数年後には構造化、非構造化、半構造化されたペタバイト単位のデータにアクセスできるようになります。それほど量のデータを手中に収めながら、ビッグデータを単なるリポジトリとみなすことは賢明ではありません。そこに隠された洞察やデータが生み出す知識を見失うことがないようにしなければなりません。

モノのデータ/ビッグデータ インフラストラクチャーの構築

ビッグデータを管理する最も効果的なアプローチの 1 つはユースケースごとにリポジトリを構築することです。このユースケース単位のアプローチにより、データとその体系、機能、変換の必要性を理解し、知ることができるようになります。加えて、有益な成果 (例、具体的なアクション) をもたらす分析済みのユースケースは新たな質問や派生したユースケースを生み出します。

ユースケース、関連するインサイト、および結果として生じるアクションの蓄積は、すべて効果的なビッグデータ プラットフォームの構築に貢献します。このモノのデータ/ビッグデータ プラットフォームはインテリジェントで規則正しく、構造化された手法により開発されているため、分散型の分析チームは処理済みのユースケースを活用できます。

ユースケース手法を採用する技術的な大きな利点の 1 つにはインフラのスケラビリティという点が挙げられます。莫大なインフラの開発に最初から多大のリソースを投入する必要はありません。むしろ、プラットフォームは小さく始めて必要に応じて大きくしていくことができます。



製造業においては、データは工作機械、機械の操作、機械内部のセンサー、機械の試運転、制御システム、オペレーター、エンジニアなどにより生成されます。現在、分析されているデータはごく一部に限られます。

製品がよりインテリジェントになるにつれ、ますます貴重なデータが生み出されます。システム、ツール、およびリポジトリにはこのすべてのデータを消費する十分な能力があるため、製造業界はこの無限の知識にアクセスするためのツールを獲得する必要があります。

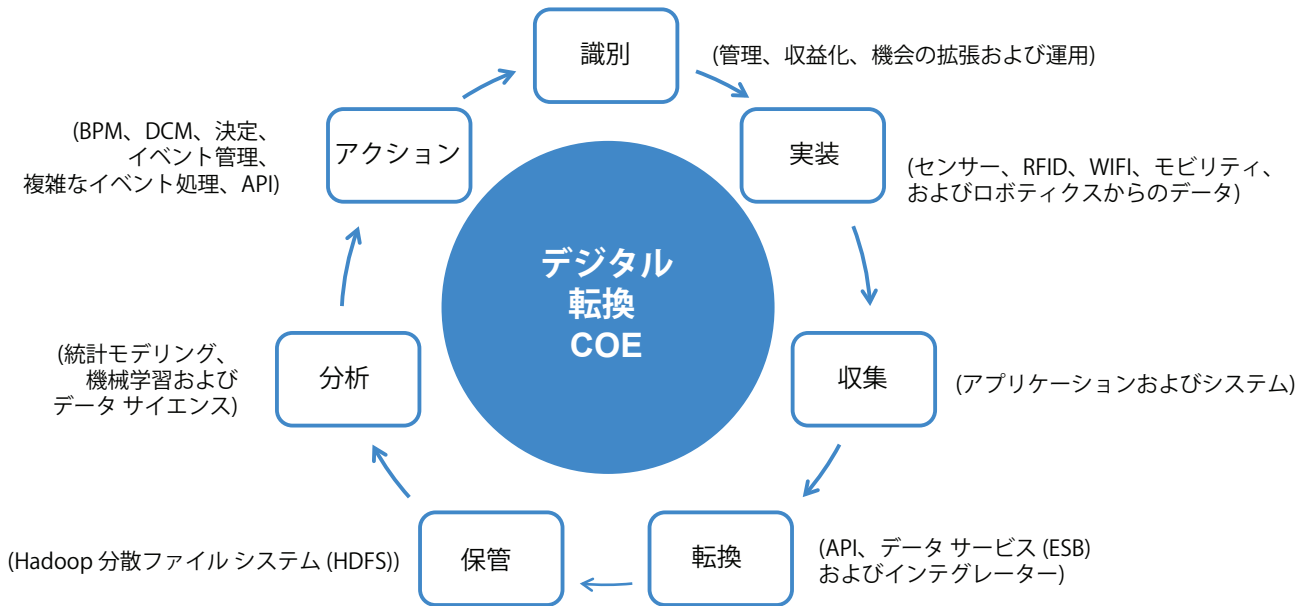
近い将来においては、単純な生産ラインから通信を行い、データを送信し、クラウドに保存してそこからユースケースを構築できるようになります。考えられる 1 つのユースケースには、製造業にとって明白な利点となるラインのタクトタイムを短縮するアクションがあります。この例では、生産時間に関するデータを毎秒収集し、Hadoop^[20] 環境のような SaaS (Software as a Service) リポジトリに送信します。データは最先端の統計ツールを利用して分析され、分析から得られた知識に基づいて価格要件を変更するという具体的なアクションを実施します。同じ問題について新しいデータに光を当てることにより、ユースケースから新しいインサイトがもたらされ、新たな分析やアクションが実行され、新たなビジネス価値が実現されることもあります。

.09 デジタル転換のフレームワーク

貴重なデータの戦略的な活用

製造業では産業革命で登場した機械化プロセスが大きく発展し^[21]、コンピューター化され、効率化された製造プロセスのメリットを何十年も享受してきました。それでもデジタル情報革命の時代への移行においては、さらに大きなメリットが約束されています。製造業で急増している貴重なデータを活用しなければ、競争優位性における次の段階に進むことはできません。

製造業では多数の生産プロセスのデジタル化が避けられないため、大きな変化が起きることは明白です。以下の図はこの転換を促進する1つの方法を説明しています。



- **識別:** まず特定のプロセスを最適化し、別のプロセスを管理し、さらに他のプロセスを収益化するかどうか、ユースケースを識別し、意思決定をする必要があります。
- **実装:** 情報やインサイトを生み出すため、何らかのデータ生成機構を設計する必要があります。このデータは使用されるシステムに内在することがあり、データを生み出すための導入 (インストール、設定、接続、配信) が必要になることもあります。この「実装」例には RFID、WIFI、モビリティ デバイス、ロボットなどを含む各種センサーが含まれます。
- **収集:** デバイスはデータを生み出すとはいえ、解釈しなければ、理解不能のままになります。データを収集するには、デバイスを処理して結果を出せるようにアプリケーションを開発します。このレベルでは、アプリケーションはデバイスから放出される生のデータを収集します。
- **変換:** 収集したデータを分析するには、多くの場合、他のデータソースに適合させる、または他のデータと結合する、あるいは特定のデータリポジトリにロードする必要があります。このステージでは分析のためにデータの抽出、変換・加工、およびロード (ETL) を行います。
- **保管:** データが指数関数的に増加するにつれ、ユースケースで消費するために保管される必要があります。変換のリポジトリという側面ではデータのタイプ (構造化、非構造化、半構造化)、容量、アクセスの容易さ、セキュリティ、復元、その他の要素が考慮されます。
- **分析:** 分析では内部および外部マクロ/ミクロ経済の要因や獲得したデータの知識が考慮され、統計または数学モデリングを適用してインサイトを取得し、アクションを実行します。
- **行動:** 情報豊かな洞察を得た後、アクションが実行され、新しいユースケースが定義されます。

10 サプライチェーンのデジタル化

ダイナミックなデータ発掘によりエンド・ツー・エンドでパフォーマンスを改善

製造業のデジタル接続について理解するには、サプライチェーン機能の進化について知るだけで十分です。監視、接続性、およびエンド・ツー・エンドの自動化ダイナミック ケースを通じたサプライチェーンのデジタル化により、サプライチェーン^[22] プロセスを最適化する多くの新しい機会が提供されています。

3D プリンターの積層造形により^[23]「ソーシャル」製造業が出現しており、サプライチェーン マネジメントの最適化を欠かすことはできません。生産のサービスレベルの要求がますます高くなるにつれ、企業は原材料や 3D 部品のタイムリーな供給に依存することになります。サプライチェーンではいかなる混乱も否定的なインパクトをもたらします。

財務的な観点からすると、混乱にはコストがかかり、過剰在庫、過少生産、ムダ、そして究極的にはサプライチェーン全体の可視性が損なわれる結果となります。そのため、サプライチェーンの混乱は企業にとって大きなリスク要因となります。

そのリスクを最小化するため、企業は混乱の原因を特定しなければなりません。

サプライチェーンの混乱

サプライチェーンの混乱の大きな原因には以下のものが含まれます：

- 天候 (ハリケーンなど)
- 社会不安 (例、抗議運動)
- 労働争議 (例、港湾労働者のデモ)
- 燃料費の高騰 (例、根拠のない値上げ)
- ベンダー マーケットの状況 (例、サプライヤーの敵対的買収)

混乱のリスクを最小化するため、データを発掘して情報に変換し、緩和アクションを実行します。これら発掘されたアクションは自動化し、サプライチェーン全体でエンド・ツー・エンドのダイナミック ケースとして実行できます。



予測による緩和

サプライチェーン プロセスにおけるアナリティクス、決定、および特に運用可能にするデータ ソースには以下が含まれます：

- **ソーシャル メディア:** 話題のキーワードから社会不安や労働争議を検知
- **テキスト分析:** ソーシャル メディア インプットの分析、通信、好み、および考え (例、ミレニアル世代 vs ベビーブーム世代) のトレンドの定義に使用
- **リスク予測:** 天気、気候、または地質学的予測から情報を抽出
- **機械学習:** 学習、適応し、豊富な情報でより正確に予測するアルゴリズム

これらのソースからのデータは輸配送・物流企業またはデバイス自体のセンサー データによっても裏付けられます。

サプライチェーンのデジタル化は革新的であり、回避することはできません。サプライチェーン実行の最適化のための予測型モデル、センサー (IoT) イベント、およびビジネス ルールはダイナミック ケース マネジメントにより、すべて自動化され、運用可能になります。デジタル化は OEM、部品サプライヤー、輸配送・物流企業などを含む、幅広い製造デジタル エンタープライズに及びます。

.11 工場のイノベーション

予測分析を実現するための機械学習戦略を導入

工場にもたらされるイノベーション

機械学習ソフトウェアはコンピューター統計学を活用して学習し、モデルに入力される独立したフィードバックに基づいて結果を予測します。この自己学習アプローチは多数のオンライン検索エンジンで活用されており、事実上人工知能の一種またはサブセットとなっています。

現代の最も信頼できる検索エンジン モデルには、インターネットから何年もかけて収集されたデータに基づく人間行動分布モデルが組み込まれています。たとえば、Google または Amazon で検索について考えてみてください。入力するつもりがアルゴリズム予測で表示されたことがありますか？

工場での機械学習

これらの効率的な検索エンジン モデルから製造工場に機械学習戦略を適用できます。

ポイントは以下のとおりです：

- 機械はパラメーター設定に基づいて繰り返し実行するタスクを得意としている
- 機械は特殊な状況に自動的に適応することは得意ではない
- ヒトは、逆に特殊な状況に適応することを得意としている

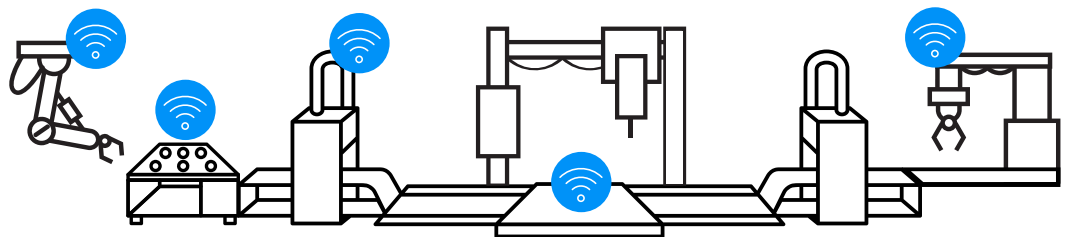
機械の反応を改善し、特定の状況に適応できるようにするため、人間をモデリングすることが必要になります。自動学習（自動適応）工場では、機械学習を活用し、マシン自体の情報とともにオペレーターやエンジニア（ヒト）からのフィードバックを組み込みます。その目標は、特殊な状況において自動予測し、アクションを処方することです。

ユースケース

何十万種類もの機械を使って生産を行う企業において、プロセスが制御不能に陥った際にどのマシンから調査を開始するか、判断がつかない場合が多く見られます。

現段階では各マシンを担当するオペレーターやエンジニアがいて調査を開始しますが、ユーザー（オペレーターやエンジニア）のフィードバックを組み込んだ機械学習では、どのマシンを最初に調査するか指示することによりプロセスを最適化できるようになります。モデルでは、パラメーター、SPC 管理図、過去のエンジニアやオペレーターのインプットに基づいた予測が可能です。

この新しい知見を得たエンジニアやオペレーターは、機械学習アルゴリズムがモデルを再評価し、より精度の高い未来予測ができるようにするフィードバックを提供できます。



12 工場

データに基づく次善のアクションの予測によりプロセスを改善

未来の製造業では、統計プロセスコントロール(プロセスや機械がもつ潜在的な問題に注意を引く統計モデル)情報などの機械データを集中型クラウドプラットフォームで収集し、制御不能プロセスのある機械を予測して検査するようになることが容易に想像できます。

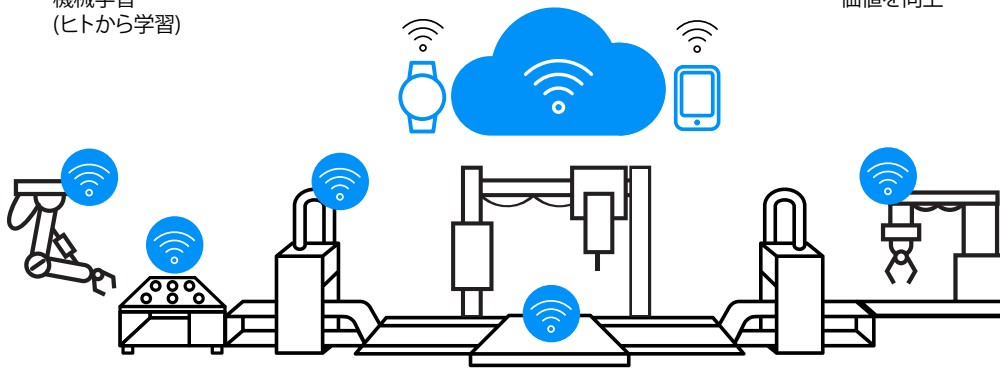
この未来では「次善アクション」型で欠陥または不良品の予測が行われます。オペレーターまたはエンジニアを大幅に増やすことなく、機械の生涯価値を最適化できます。

予測:

- どの機械を次に検査するかは制御できない
- 最適な検査に向けた機械学習(ヒトから学習)

処方:

- 欠陥や不良品に対する次善のアクション
- 機械と生産ラインの生涯価値を向上



次善のアクション

工場の情報だけでなく、生産される製品(外部)からの情報に対して次善アクションの予測(処方型)プロセスを試行することには以下の利点があります:

- デバイスから耐用年数が切れそうな部品についてのデータを収集
- 外部データのインプットをシステムコンポーネントの機能に関連するアルゴリズムに適用
- 潜在的な予期しない制御不能プロセスを識別する新しい外部フィードバックシステムを作成

最終的には、次善アクションの予測による処方型プロセスを採用する方が、エンジニアまたはオペレーターのフィードバックインプットに完全に依存するプロセスと比較して大幅に効率が向上します。

ユースケース

情報が機械を修理するロボットまたは自己修復機械に伝達されることを想像してみてください。工作機械の持続性を高めるため、センサーから提供される工場コンポーネントの寿命についての情報は製品内のセンサーから返される情報で補完されます。

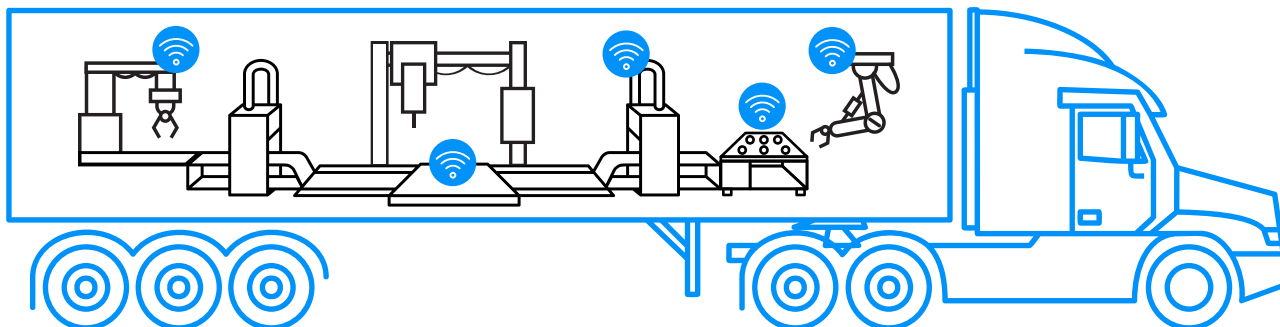
このビジョンを深化させると、予防型保守や持続性向上の観点から外部データを利用して工場はより効率的になるため、サプライチェーンも同様に効率化することが考えられます。この超情報化されたサプライチェーンでは、商品市場のような「オンデマンド入札」モデルが導入されます。

リソースの所要量を予測し、最も納期の早い入札者を選定する工場を想像してみてください。入札は機械の寿命、製品の寿命、部品の寿命、および持続性の要件に基づいて行われます。工場ではすべての作業が同調的かつ準自動的に実行されます。

これが製造業の未来ですが、すでに手の届くところにあると言えるでしょう。

13 画一的な製造業の終焉

専門的製造戦略により俊敏性を実現し顧客フィードバックを提供



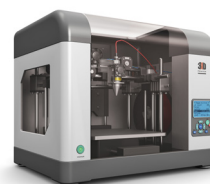
予測:

- 自動自己修復サプライチェーン
- 需要発生地点に近接するマイクロ・ファクトリーおよびモバイル・ファクトリー
- センチメント/テキストを分析して最適な場所を予測

処方:

- 生産のタイミングと場所を最適化
- 地理的条件または顧客層に基づくニーズに適合

3Dプリンターの普及とソーシャル型の積層造形製造により、イノベーションに富む中小メーカー企業は巨大メーカー企業と競争できるようになります。後者は適応力を身につけなければなりません。



製造業の新たなモデル

大規模メーカーは以下に代表されるトレンドが事業の向上に役立つことに留意する必要があります:

- マイクロ製造: ^[24] カスタマイズされた製品を生産する規模の小さい製造工場へとパラダイムシフトが起こり、個人のガレージや地下室も超マイクロ工場として活用されます。
- ソーシャル製造: ^[25] 複数の俊敏な中小メーカーが連携して大規模な集約型の製品を生産します。
- モバイル製造: ^[26] モバイル マイクロ製造では一定の場所から別の場所に移動することができます。

インターネット イノベーションはとどまるところを知りません。過去数年間に出現したトレンドの1つにソーシャル製造が挙げられます。たとえば、雨の多いシアトルで4軒隣り合わせに住んでいるとしましょう。3軒の家には3Dプリンターがあります(ホーム・デポで1,000ドル未満で購入^[27])。最後の家にはミシンがあります。

最初の家の3Dプリンターで丸い傘の持ち手を生産し、2番目の家で中軸を生産します。3番目の家では、傘の骨を生産し、4番目の家で傘の生地を縫い合わせます。その場で必要とされる貴重な製品を連携作業で生産し、カスタマイズも簡単にできます。

これがマイクロ製造の例で、それぞれの家では特定のニーズにフォーカスして、少ないキャパシティで特定のカスタム製品を生産します。もし家がトレーラーハウスのように移動可能だった場合、イベントに直接関連する製品をイベント会場の中央でインスタント生産すれば、それがモバイル製造の一例となります。

現在は考えられないかもしれませんが、数年もすればこのタイプのソーシャル製造モデルが製造業に革命を起こすであろうと思われます。

これらのトレンドのそれぞれがメーカー企業の俊敏性や常にニーズが変化する環境への適応力を高めるのに役立ちます。メーカー企業は消費者との距離を縮め、より革新的に、サプライチェーン手法を変化させることができます。

このパラダイムシフトを乗り越えるため、メーカー企業は適切なツールを用意しなければなりません。

.14 ダイナミック ケース オーケストレーション

アダプティブ デジタル ファクトリーのすべての資産のパワーを発揮



アダプティブ デジタル ファクトリーでは、実行と継続的改善を同時に実現しましょう。情報は、サプライヤー、製造ユニット、工作機械やオペレーター、ロボット、製品、消費者、持続性システムなど多種多様なソースから生み出されます。すべてをオーケストレーションするシステムが必要です。ソースからのデータは分析できるように変換・加工されます。次に、この分析により予測が可能になり、結果を自己学習します。

実際のダイナミック ケース マネジメント

前述のとおり、ダイナミック ケース マネジメントはすべての資産の運用を集約、オーケストレーション、促進するプラットフォームとなり、アダプティブ デジタル ファクトリーを実現します。これらの資産には、予測型かつ自己・機械学習適応型モデルのプロセス フラグメント、およびシステムのレコードから得られるデータやコンテンツが含まれます。

ダイナミック ケースはアダプティブ デジタル ファクトリーにおいて適応的かつ定期的に行われます。ケースにより製造から実行までのライフサイクル全体がオーケストレーションされ^[28]、消費者とメーカー、サービス、およびサポートが繋がります。

製造または保守段階のイベントはすべてダイナミック ケースをトリガーし、それによりイベントに応答し、イベントを処理する意思決定、サブケース、およびビジネス プロセスがオーケストレーションされます。予測または何らかの適応型予測で機械学習を活用する場合、アクション、ケース、およびビジネス プロセスを実行中に改善する、ということも考えられます。

実行のオーケストレーション、そしてモデルまたは資産自体（つまり、プロセス、ルール、意思決定の変化など）の継続的改善、という両面からアダプティブなプロセスが導入されることになります。

15 セキュリティ懸念

アダプティブ デジタル ファクトリーに対する懸念

ダイナミック ケース マネジメントはすべての資産の運用を集約、オーケストレーション、促進するプラットフォームとなり、アダプティブ デジタル ファクトリーを実現し、工場内の最適な接続性、またサプライヤー、モノ、および消費者との外部接続性を構築します。この適応型プロセスにより、モデルと資産を継続的に改善できるようになりますが、接続性に関連するプライバシーおよびセキュリティ問題については、慎重に検討する必要があります。^[29]

セキュリティ脅威: どんなネットワークにおいても、常に深刻なセキュリティ違反の懸念が存在します。一般的に、ハッカーは情報を盗み出すか、システム環境に侵入してマルウェアに感染させ、システムを乗っ取ることを狙っています。ビッグデータ、IoT、未来の工場の世界では、これらの脅威に加えてアダプティブ デジタル ファクトリーにインパクトを与えるさらなる脅威に用心する必要があります。

以下の例について考えてみてください:

- インターネット接続デバイス、工場の工作機械または製造されるインターネット接続製品を遠隔で制御するハッキング。
- 機密データや消費者のプライバシーに関わるデータにアクセス、操作することで、悪意のある意思決定、ビジネスプロセス、ダイナミック ケースを実行させるハッキング。
- 機密データに悪意のあるエラーを仕込むハッキング。機械学習や適応型予測モデルで有益かつ現実的な予測を生み出すには、健全なデータが必要です。モデルに悪意のあるデータが入り込むと、間違った予測が出され、有害もしくは危険な結果が生じることさえあります。

明らかに、ビッグデータ、IoT、未来の工場のセキュリティは計画の最優先事項に盛り込んでおく必要があります^[30]。

セキュリティ計画: アダプティブ デジタル ファクトリーの実行スタックを考えると、最下位のエッジ デバイスからインターネット接続された製品を使用する消費者に至るまで、すべてのレベルでプライバシーおよびセキュリティに対応する必要があります。以下のセキュリティについて慎重な検討が求められます。

エッジ デバイス: 工場のインターネット接続された製品やスマートマシンのコントロール（そしてそれが感知し生成する情報）は無許可アクセスから保護する必要があります。

工場: 増え続ける自動化コントローラー（例、ロボティクスの活用）およびアダプティブ デジタル ファクトリーにおける工場システムの脆弱性に対応する必要があります。産業用ロボットや工作機械が企業の IT やアプリケーションに接続するにつれ、プライバシーおよびセキュリティ違反のリスクも高まります。

クラウド データおよびコントロール: アダプティブ デジタル ファクトリーはますます、製品やセンサーのデータ、およびインターネット接続された製品の各種コントロールをクラウド上に保管するようになります。公開クラウドからハイブリッドクラウド、非公開クラウドに至るまで各種クラウド セキュリティ基準や保護が存在するため、それぞれ評価する必要があります。

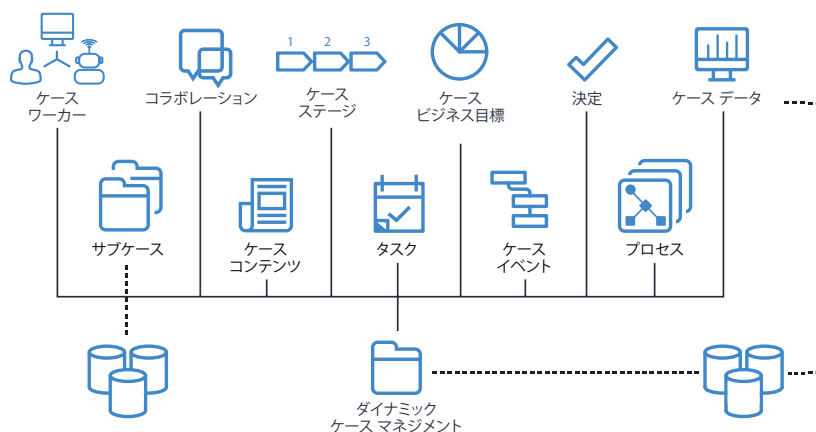
ビッグデータ/モノのデータ: 最大の懸念事項は製品サイクル全体で収集され分析されるデータのプライバシーおよびセキュリティです。アクセス制御の許可、個別のデータ エンティティや集約データの認証を同時に導入し、自動化リスク緩和ポリシーを活用する必要があります。

遠隔制御: メーカー企業やサービス プロバイダーは時折、一般的には自動化ソフトウェア更新や保守制御において、インターネット接続された製品を遠隔制御します。いずれの場合でも、インターネット接続された製品に遠隔アクセスする場合は未認可アクセスをチェックできるようにしておかなければなりません。

ダイナミック (ビジネス) ケース: 最後に、ダイナミック ケースはヒト、モノ、エンタープライズ アプリケーションならびに取引先のオーケストレーションを行います。そのため、ダイナミック ケースを導入する製造全体で、参加者のカテゴリー（ヒト、ロボット、アプリケーションなど）ごとに複数のレベルでセキュリティ、プライバシー認可、認証を行う必要があります。

16 マスター データおよびマスター ポリシー管理

トップダウン型のデジタル ビジネス転換の価値



データ品質が低く、一貫性がないと、アダプティブ デジタル ファクトリーを構成する製品、部品、サプライヤーで困ったことになり、問題やリスクのある意思決定につながりかねません。マスターデータ管理 (MDM)^[31]は現代の製造業に不可欠です。ただし、すべての MDM アプローチでバリューチェーン全体を一貫して効率的に管理できるわけではありません。

マスター データ管理

「ボトムアップ型」IT アプローチ: 多くの場合、組織はこの MDM 問題に対してマスター データ プロジェクト、ツール、時には MDM 統括するセンター・オブ・エクセレンスでさえ「ビッグバン」型のアプローチで対処しようとします。データ クレンジング、欠落データの対応、データ一貫性、ETL、およびデータ統合を含め、テクノロジーやデータの一貫性は厄介ではあるものも重要な問題です。

ビジネス目標に基づいて優先順位を設定しないとマスター データの正規化に膨大な労力が取られてしまうという危険性があり、往々にしてマスター データの課題を解決するプロジェクトが孤立化してしまいます。

「トップダウン型」デジタル ビジネス転換アプローチ: それより MDM の課題を扱うのにより適しているのは、全体の継続的改善プロジェクトの一環として、特にマスター データを処理し、操作するサイロを接続するエンド・ツー・エンドのダイナミック ケース マネジメント ソリューションで扱う方法です。この「トップダウン型」のアプローチでは、MDM を改善する転換プロジェクトの優先順位を設定し、ビジネス価値との関連でリスクのバランスを図ります。

データベースの技術的な問題に対応する必要があるとはいえ、優先順位に対するアプローチは大幅に改善できます。アダプティブ デジタル ファクトリーでは、マスター データに関する問題は「大きく考え、小さく始める」原則に基づいて解決されるようになります。マスター データに必要な厳密性をすばやく獲得し、構築し、達成し、その後 MDM を含む転換ソリューションを追加して拡張します。

このアプローチの中心には、レガシー システムを包含し、近代化する DCM 対応レイヤーがあります。反復され、俊敏性の高い手法により、デジタル ビジネス転換に不可欠な適応型ケース管理ソリューションが提供されます。MDM 統制と導入はケース自動化手法の DNA に組み込まれ、データソースの発見や DCM レイヤー内のデータ管理に必要な最適化につながります。

マスター ポリシー管理

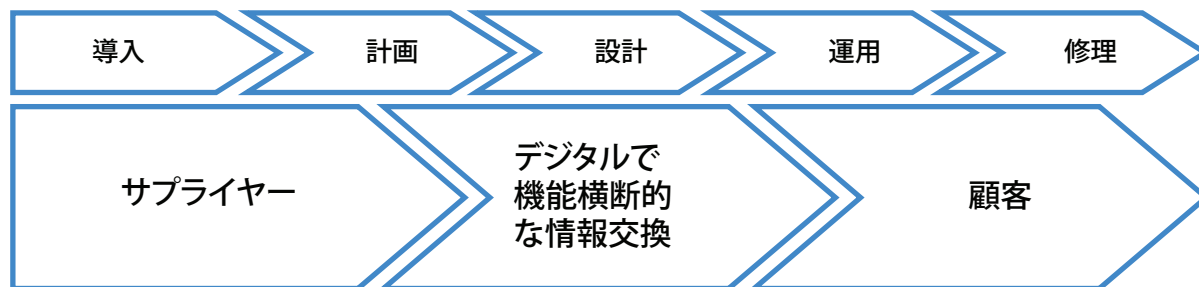
デジタル ビジネス転換では、マスター データについてトップダウン型のアプローチが求められます。マスター ポリシーについてもトップダウン型アプローチが必要です。

デジタル企業と取引するチャンネルによって割引額が変わるシナリオについて考えてみてください。Web で注文すると一定の割引が得られる一方、営業担当に電話をかけると別の金額を提示されます。両方のチャンネルで顧客または購入予定の製品やサービスについての正確で精度の高い情報 (マスター データ) が管理されますが、価格についてはチャンネルごとに定義されています。

消費者を苛立たせるこのシナリオは明らかに、デジタル製造のあらゆる段階で一貫性を保証するマスター ポリシーの欠如を例示しています。この例では意思決定ポリシーが価格に適用されることを示していますが、規制コンプライアンス、サプライヤー ポリシー、保証ポリシー、生産、および品質が関係する場合があります。

17 進化した製品ライフサイクル管理 (PLM)

変革をもたらすデジタル エンド・ツー・エンドの PLM^[32] プロセス



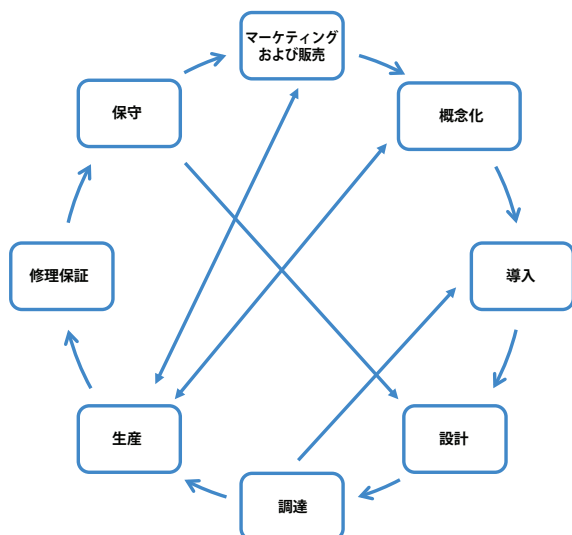
未来のアダプティブ デジタル ファクトリーでは工作機械、組立ツールなど、スマート接続された工場の資産を活用して、製品ライフサイクルをより効率的に管理できます。^[33] 物理的な資産からのリアルタイム データは ERP、CRM、データ ウェアハウスなど他のシステムと統合することにより、生産フローおよび品質について深く理解することができるようになります。

製品ライフサイクルを転換する

アダプティブ デジタル ファクトリーのインターネット接続された資産から生み出される IoT データは日常業務を改善するための可視性と新たな機会をもたらします。改善可能な分野を以下に示します：

- 機器の使用状況や動作を監視することで、メーカー企業は保守を実施するより良い方法を発見できます。重要データ ポイントを計測・分析することで、工場では全体的な機器効率を改善できます。
- 問題の早期検出および通知により、予防的な問題解決をトリガーでき、コストの掛かるダウンタイムを防止できます。
- 潜在的な問題についてアラート通知された場合、エンジニアに修理が保証でカバーされるかどうかなどの重要な詳細情報が通知されます。
- 機器メーカーは現実世界における利用状況のデータをデバイスから取得して、機能拡張やアップグレード、次世代の製品の機能の計画や設計を行うことができます。
- 検出された使用パターンおよび繰り返生じる問題については動的に対応することで、顧客満足度および顧客ロイヤルティにプラスのインパクトが生じます。
- リアルタイム データを活用した製品開発により製品設計を改善、合理化し、結果的に Time-to-Market を短縮でき、競争優位性を高めることが可能になります。

安価な 3D プリンターの普及により、プロトタイプ製作が加速し、すばやい新製品の導入が可能になります。



アダプティブ デジタル ファクトリーでは、新製品を月単位ではなく日単位で開発できます。スマート接続デバイスによりサプライヤーから工場、エンドカスタマーに至るまでバリューチェーン全体で協業が促進され、柔軟性が高まります。工場長は IoT データを活用することで、新製品の導入であれ、特定の部品の供給または顧客需要の変動であれ、変化にすばやく適応できるようになります。

18 Device-Directed Warranty™

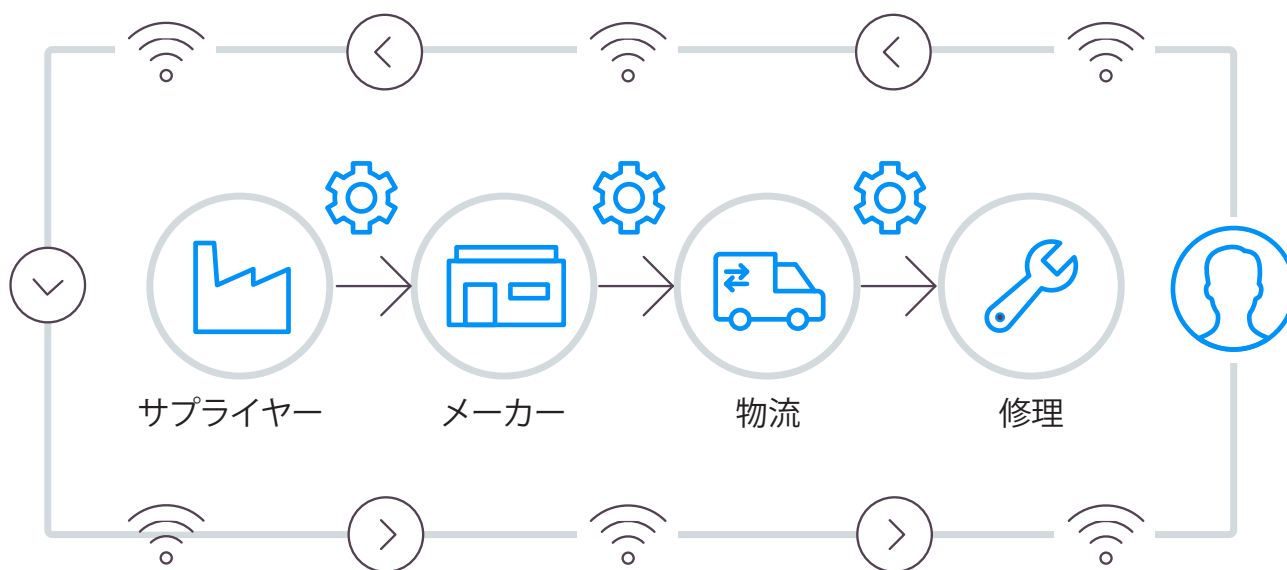
ペガの保証管理向けエンド・ツー・エンドソリューション

DEVICE-DIRECTED WARRANTY™ (デバイス主導型の保証)^[34] は、インターネット接続デバイスで利用するペガの製造アプリケーションを増強します。最も一般的な保証クレーム シナリオは、第 .06 章で説明されたユースケースに関するものです。

Process of Everything^[16] によりインターネット接続デバイスの保証ケース処理がエンド・ツー・エンドで実現します。具体的には、モノ、OEM メーカー、サービス技術者、潜在的なサプライヤー、消費者、そしてもちろん代理店または販売店を含むエンド・ツー・エンドのプロセスを管理するダイナミック ケースが例外イベントによりインスタンス化されます。

The Adaptive Digital Factory®は、自動化ダイナミック ケースの意思決定管理、ペガの保証管理設定可能 IP、およびペガの IoT 接続性機能を含むペガの強力なプラットフォームを活用します。具体的には、DEVICE-DIRECTED WARRANTY™によりメーカー企業は以下の機能を実現することができます：

- **IoT 診断:** モノには CPU や実行機能が搭載されたり、実行機能を搭載したデバイスに低電力で接続したりできるようになります。
- **搭載デバイス ソフトウェアの自動更新:** 製造デバイス (エッジ デバイスまたはゲートウェイ) では、多くの場合最新のソフトウェアがインストールされ、メーカー企業により遠隔でアップデートできます。
- **エッジ デバイスからの自動感知およびデータ計測:** メーカー企業にはデバイスからデータを収集したり、Ping を実行して測定または分析したりする機能が提供されます。
- **保守の自動制御:** デバイスは遠隔で、または搭載されている意思決定ソフトウェアにより制御できます。
- **IoT サプライチェーンおよび部品の返却:** サプライヤーから販売店または顧客に至るまでのサプライチェーンにおいて、エッジ デバイスを常時監視して不良デバイスを交換できます。このシナリオでは、交換を要する不良品を監視し、サプライヤーまたは OEM メーカーへの返品を確認することができます。
- **IoT 修理または部品の検査:** 修理や交換が完了したら、メーカーは補修を検査し、製造管理ポリシーおよび手続きに準拠していることを確認できます。



19 デジタル処方型保守

保守プロセスのデジタル オートメーションをエンド・ツー・エンドで実現

アダプティブ デジタル ファクトリーでは、受け身のリコールや修理だけでなく、リーン生産方式やシックスシグマ手法さえ超える改善を実現できます。

リーン方式を採用するメーカー企業は長年、性能×利用可能性×品質で計測される機器の全体的な有効性を改善することを目的とする、総合的設備管理 (TPM) という考え方に賛同してきました。TPM においては、生産性を向上させ、ダウンタイムを短縮するシングル段取りのようなテクニックが導入されてきました。

アダプティブ デジタル ファクトリーでは、機器の障害を回避するためプロセスがデジタル化され、意思決定が管理されます。消耗した部品を交換または修理して障害が発生する前に予防するというのがその考え方です。IoT そしてビッグデータが出現した現在の環境は、保守を近代化するまたとない機会となります。

予測型保守

予測型保守^[4]の登場は、高レベルの自動化とインテリジェントな保守を実現するデジタル進化の時代における重要なマイルストーンとなっています。

予測型保守では、モノから発せられるメッセージまたはイベントのビッグデータ アナリティクスが分析され、必要な保守作業が判別されます。センサーから入手できるデータにより稼働状態、機器の利用方法を追跡でき、障害の状況や原因さえ記録できます。このインサイトによりムダがなくなり、組織がリーン化されます。

新しいテクノロジーを活用して農業生産性の改善を支援する大手農業機械メーカーの例を考えてみてください。メーカー企業はインターネット接続デバイスについてのかつてない量のパフォーマンス データにアクセスできるようになっています。

メーカー企業の目標は、データ アナリティクスを利用して将来のどのタイミングで保守が必要になるかを予測することにあります。IoT により機器とその状態のデータを収集できるようになるため、特定のしきい値に到達した場合や異常値が検出された場合にアラートをトリガーしたり、次に実行すべきアクションを推奨したりすることができます。

処方型保守

エンド・ツー・エンドの保守のデジタル オートメーションを活用し、意思決定 (自己学習型または適応型) を行うことで保守は最適な方法で処方型保守へと変革されます。

処方型保守の目標は、IoT デジタル環境で実施されるべき保守を判別することです。IoT における処方型保守^[35]は全体的なものになります。以下の要素が含まれます：

- **総合的設備管理:** ^[36] 全体的な機器/デバイスの効果を継続的に改善します。
- **予測型保守:** IoT ビッグデータ ソースのイベントおよびデータ ストリームを分析し、何ができるかを判別します。
- **自己学習・適応型保守:** 予測型アナリティクスでは過去のデータを調べてモデルの発掘または発見を試みます。補完アプローチでは IoT データの動作を継続的に監視、学習し、それに合わせて保守の優先順位を設定します。遠隔デバイスでは機械の場所、燃料消費、および稼働率を記録できます。データは分析されて初期診断が実施され、問題の発生を予防します。最終的な結果としてアップタイムが向上し、機械とオペレーターの生産性が高まります。新たなテクノロジーや予測型・適応型アナリティクスにより、かつてないレベルのリーン生産が可能になります。
- **知識労働およびポリシー:** 専門家の知識を収集して意思決定ルールに組み込み、保守のライフサイクル全体で関連付けます。
- **バリュー ストリームの自動化:** 自動化バリュー ストリームにより、インターネット接続デバイス (IoT)、サプライヤー、製造者、および消費者のエンド・ツー・エンドのオーケストレーションが行われます。このバリュー ストリームは、自動化されデジタル化されたプロセスで消費者のデバイスを保守のライフサイクル全体に結び付け、エンド・ツー・エンドのプロセスを完全に可視化し、制御します。

20 顧客とメーカーの協調

オムニチャネルからオムニデバイスへ

モノのインターネットは顧客とメーカーとの協調関係も変化させています。

オムニデバイス^[37]は、モノのインターネットを活用するオムニチャネルの究極の形態です。一般に、顧客はデジタル企業と多数のチャネルで情報を交換しています：

オムニデバイス：モノの台頭により、家庭内のデバイス（例、家電製品）、インターネット接続した自動車、スマートオフィス、ウェアラブル端末がチャネルになりつつあります。オムニデバイスとは何でしょうか。また、それはIoTとの関連でどんな意味を持つのでしょうか。オムニデバイスには、IoTを通して顧客体験を最適化し、変化させる点で大きな可能性を解き放つ4つの基本的な機能があります：

- 1. 顧客-デバイス間の情報交換：**メーカーおよびハイテク企業は、スマートホーム、自動車、産業用アプリケーションに分野で、スマート（インターネット接続）デバイスについて途方もない可能性を実現しています。たとえば、GEではインターネット接続された家電に「If-Then」型のスマートインテリジェンスを搭載し、消費者が家電を使って様々な操作を指示できるようにしています（例、20分後に電源OFFして、オープンが熱くなり過ぎたらメッセージで通知して、など）。インターネット接続デバイスはもちろん、セールスおよびマーケティングの両方の機会を提供します。
- 2. CRMチャネルとしてのモノ：**IoTデバイスもチャネルになりつつあります。モバイルデバイスやブラウザーが顧客サービスを処理するのと同様、モノのインターネットまたはデバイスを活用して販売を促進し、サービスを提供し、クロスセルまたはアップセルを実現することができます。たとえば、4G LTEに接続された自動車からWi-Fi接続を提供したり、車両診断や保守を提供したりすることができます。また、この接続を利用して消費者にとって利便性の高い広告、販売、マーケティングを提供することもできます。
- 3. メーカー企業と接続：**オムニデバイスの3番目のユースケースでは、消費者とデバイスのメーカー企業を結び付けます。インターネット接続された製品の出現により、メーカー企業はかつてなく消費者に近づきました。センサーはデバイスの使用方法や消費者の好みについて驚くようなフィードバックを提供しています。もちろん、この場合のプライバシーやセキュリティにまつわる懸念事項についての健全な議論もあることでしょう。それでもなお、この接続性および継続的なセンサーのフィードバックはメーカー企業と消費者の関係を変革することになります。
- 4. メーカー企業のエコシステムを拡張して顧客体験を最適化：**消費者は常に動いていますが、デバイスを通してインターネットに接続されています。これには会社、自動車、そして家が含まれます。そして、この接続性によりメーカー企業は、他の商品化チャネルに加えてクロスセルやアップセルの機会を提供するイノベーションに富む、顧客との新しい関係を確立できます。たとえば、OnStarのAtYourServiceでは、位置情報や顧客のコンテキストを考慮して消費者に各種クーポン（例、コーヒー、ガソリン、レストラン、さらにはショップも）を提供しています。



Web



Eメール



チャット



ソーシャル



モバイル



センサー

仮想-物理エコシステムのインパクト

インターネット接続デバイスは登場して久しいものの、モノのインターネットが産業、特に製造業に大きなインパクトを与えるようになったのはごく最近のことです。家、自動車、都市からヘルスケア、製造、公共事業まで、インターネット接続され高度にインテリジェントなデバイスはエコシステム全体を変革しています。多くの場合 IoT はコンシューマー（消費者向け）とインダストリアル（産業向け）として区別されます。

インターネットに接続されたスマート ホームは前者の典型的な例です。後者の例には、プロセス製造や個別生産など、インターネット接続された産業が挙げられます。モノはスマートフォン経由でインターネットと通信するスマートウォッチや健康監視デバイスなどの小さなデバイスの場合もあります（さらに、スマートフォン自体にも最先端の監視機能が搭載されるようになっていきます）。一方で、ターボエンジン、風力発電基地、油井、製造用ロボットなどの、大型機械でもインテリジェント化、半自律化が進み、完全自動化を目指す動きもあります。

実際、産業エコシステムの IoT のインパクトは大きく、物理-仮想システム間の安定した接続デバイスの出現は第四次産業革命（インダストリー 4.0^[39]）とも呼ばれています。調査およびコンサルティングを専門に行うグローバル企業、フロスト&サリバンは、この物理デバイスのソフトウェア システムへの統合を「インダストリアル インターネット」と名づけています。^[40] フロスト&サリバンはインダストリアル インターネット（マシン間通信から、ヒト、ソフトウェア、および ビッグデータ アナリティクスまでの幅広い領域）をイノベーションを促進し、産業機械保守、および操業プロセスを向上する手段として見えています。

この新しく接続されたエコシステムには、物理的なマシン、デバイス、ネットワーク接続、および各種コンピューティング（プロセス、オペレーション、およびアナリティクス）が包含されます。これは最適化された資産管理およびビジネス効果の重要な要素となります。

IoT に向けた標準化および業界の連携

コンソーシアム、イニシアチブ、リファレンス アーキテクチャ、および標準化について、物理的なレベルからリファレンス アーキテクチャまで幅広い取り組みが見られるようになりました^[41]。業界内外での堅牢な相互運用性および IoT アーキテクチャ スタックのプロトコル標準化が IoT 導入を成功させるために必要となります。標準 IoT スタックには ZigBee、Z-Wave、Bluetooth LE、6LowPAN、Thread、WiFi、セルラー通信その他が含まれます。これらの標準のほとんどでは 128 ビット IPv6^[42] アドレス設定プロトコルがサポートされています。IPv6 では 340 澗 (340 × 1 兆 × 1 兆 × 1 兆) 個の IP アドレスがサポートされます。言い換えれば、ほとんど無限にデバイスやサービスにインターネットアドレスを付与できるということになります。IoT 分野の業界ソリューションおよびサービス プロバイダーは、複数の標準、相互接続テクノロジー、リファレンス アーキテクチャおよびベストプラクティスをカバーするコンソーシアムを設立して協業してきました。業界団体には AllSeen Alliance、オープン・インターコネクト・コンソーシアム、インダストリアル・インターネット・コンソーシアム、およびインダストリー 4.0^[43] が含まれます。それらの団体のミッションを概観するため最後の 2 つについて見てみましょう。

- インダストリアル インターネット:** 2014 年、AT&T、シスコ、ゼネラル・エレクトリック、IBM、インテルはインダストリアル・インターネット・コンソーシアム (IIC) を設立しました^[44]。このコンソーシアムは「アーキテクチャ フレームワークおよびインダストリアル インターネットの方向性を設定」する目的で設立されています。数多くのイニシアチブの中でも、すべての関連フェーズ、テクノロジー、およびソリューションを包含する IoT 向け産業用インターネット アプリケーションの全体的なリファレンス アーキテクチャ (RA) を定義しています。この RA によりビジネス、オペレーション、アプリケーション、そして特にインターネット接続デバイスのコントロールを含む IoT の活用にかかわるあらゆる機能ドメインをカバーするガイダンスが提供されます。製造業は、もちろん、大きな業界ですが、ヘルスケア、官公庁、運送、エネルギーなど他の業界にも対応します。RA および IIC は全体として、ヒト、プロセス、データ、そして IoT を結合し、集約し、接続するアーキテクチャのベストプラクティスを提供することを対象範囲としています。

- インダストリー 4.0: インダストリー 4.0 はドイツ連邦政府が 2011 年に発表したハイテク製造業における重要プロジェクトです。インダストリー 4.0 とは「製造システムおよび製品について設計、製造、操業、維持管理における一連の急速な変化を形容した用語」です。^[45] このイニシアチブはあらゆるサイズのメーカー企業に対して、保守、操業、省エネにおける効率化を推進します。仮想・物理システムとセンサーはインダストリー 4.0 で活用される重要なデジタルテクノロジーの 1 つです。インダストリー 4.0 のもう 1 つの大きなフォーカスは、資産から生成されるデータまたは情報の発掘、および保守対象資産の障害を予測するなど、リアルタイムアナリティクスの予測への適用です。インダストリー 4.0 では、デバイスや資産がインターネットに接続されるため、サプライチェーンおよびバリューチェーン全体で生成されるデータをアクティブに監視し、物流を管理し、リアルタイムで制御できるようになります。



22 製造業のデジタル転換

これまで見てきたように、デジタル化により接続性、ソーシャル、モノのインターネット、ビッグデータ アナリティクス、クラウド、およびモビリティにおいて破壊的なメガトレンドが発生します。テクノロジーのデジタル転換により、デジタルイノベーションの道が開かれ、製造業の置かれている環境は一変することになりそうです。

製造業でデジタル転換が起きる理由

デジタル化が猛スピードで進行するにつれ、製品やサービスも同じスピードで変化します。ただし、現代の経済は「少ない労力で大きな成果を上げる」ことを要求するため、企業は消費者に至るまで、サプライチェーンの各リンクにおける需要を満たすという課題に直面します。

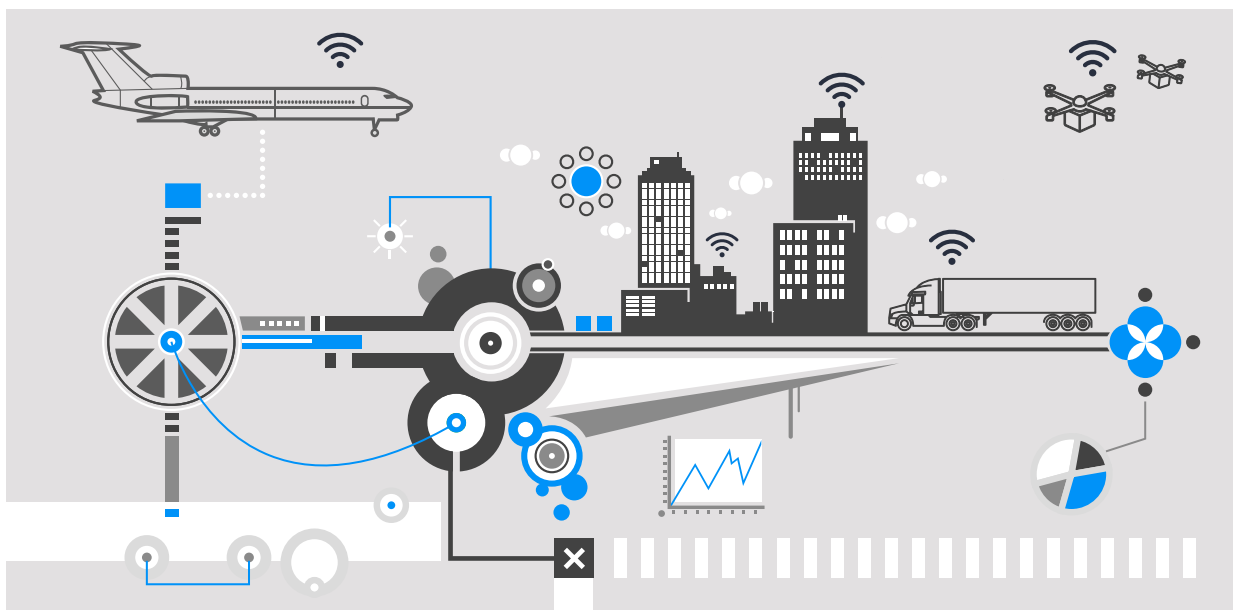
企業の IT 部門は IoT テクノロジーの破壊的なインパクトおよびテクノロジーに精通したビジネス ステークホルダーのニーズという課題に直面します。IoT の出現は製造業のバリュー ストリーム全体の転換期をもたらしています。

企業はこの仮想空間と物理接続デバイスの調整におけるインパクトを過小評価するべきではありません。これらのデバイスは膨大な量の情報を生成しているため、発掘、分析し、それに基づいて行動しなければなりません。インターネット接続デバイスの普及により、従来の製造業モデルはもはや機能しなくなっています。

これまで、IT 分野の物理的なモノやソフトウェアはサイロ化されていました。新たな製造業モデルにおいて、従来の情報技術モデルは運用技術 (OT) により補強されます。OT の領域は、物理デバイスと組み込みソフトウェア ソリューション、またモノの保守と制御になります。新たなデジタル エンタープライズで物理空間および仮想空間は一体化されています。

組み込みセンサー、ソフトウェア、コントローラー、およびインターネット接続により、製造業とアフターマーケット サービスにデジタル革命が起こっています。ネットワーキング、エッジ コンピューティング、クラウド テクノロジー、エネルギー効率、および小型化におけるブレークスルーはすべて、あらゆる場所で低コストの処理能力とデータストレージを創出することにつながっています。機械、ガジェット、およびウェアラブル デバイス内のコンピューターは操作や状態についてのデータを流しています。

モノはすでにヒトやアプリケーションよりも多くのデータを生成しています。データをインサイトに変換し、賢明な決定を下すことが効果的なアナリティクスのカギです。企業は、デジタル化されたプロセスのコンテキストをさまざまなタスクに適用して、ヒト、エンタープライズ アプリケーション、サプライチェーン パートナー、ますます賢くなるモノやデバイスにより実行されるアクションをオーケストレーションすることにより、モノのデータから引き出される情報に基づいて賢明な、将来を見据えた決定をすることができます。次世代の産業革命がすでに始まっています。



参考文献

- [1] Khoshafian, S. (2014a). *Rise of Things: IoT's role in Business Processes*.
<http://www.informationweek.com/mobile/mobile-devices/rise-of-thingsiots-role-in-business-processes/a/d-id/1317010>
- [2] <http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>
- [3] Khoshafian, S. (2014b). *Dynamic Case Management for the Modern Worker*.
<http://www.pega.com/insights/articles/trend-6-dynamic-case-management-modern-worker>
- [4] Levitt, J. (2011). *Complete Guide to Predictive and Preventive Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.
- [5] ビッグデータとファースト データの説明: http://en.wikipedia.org/wiki/Big_data および
<http://www.infoworld.com/article/2608040/big-data/fast-data--the-next-step-after-big-data.html>
- [6] <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
- [7] <http://www.pega.com/insights/articles/trend-10-adaptive-digital-enterprise-part-1-gazing-crystal-ball-top-10-trends-2014> および <http://www.pega.com/insights/articles/trend-10-adaptive-digital-enterprise-part-2-gazing-crystal-ball-top-10-trends-2014> を参照
- [8] <http://ioeassessment.cisco.com/>
- [9] Khoshafian, S. and Rostetter, C. (2015a). *Digital Transformation in Manufacturing*. In CIO Review – ページ 42-43
<http://magazine.cioreview.com/June-2015/Manufacturing/>
- [10] Khoshafian, S. (2015a). *Digital Transformation of CRM through Internet of Things (IoT)*.
<http://www.pega.com/insights/articles/digital-transformation-crm-through-internet-things-iot>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things
- [12] Khoshafian, S. (2014c). *Intelligent BPM: The Next Wave for Customer-Centric Business Applications*. Pega eBook publication. <http://www.pega.com/insights/resources/intelligent-bpm-next-wave-customer-centric-business-applications>
- [13] Khoshafian, S. (2015b). *Internet of Things: Achieving Business Objectives through Dynamic Case Management*.
http://www.siliconindia.com/magazine-articles-in/Internet_of_Things_Achieving_Business_Objectives_through_Dynamic_Case_Management-BBSY475164515.html
- [14] Atos (2012). *The convergence of IT and Operational Technology*. White paper from Atos
<https://atos.net/content/dam/global/ascent-whitepapers/ascent-whitepaper-the-convergence-of-it-and-operational-technology.pdf>
- [15] <https://en.wikipedia.org/wiki/ANSI/ISA-95>
- [16] Khoshafian, S. & Schuerman, D. (2013). *Process of Everything*. Published in iBPMS: Intelligent BPM Systems, Foreword Jim Sinur, edited by Layna Fischer. Lighthouse Point, FL: Future Strategies, Inc., Book Division.
http://www.futstrat.com/books/iBPMS_Handbook.php
- [17]] Khoshafian, S. & Adams, K. (2015). Internet of Things: A New World of Analytics, Digital Innovation and Transformation. PegaWORLD 2015 Breakout Session <https://www.pega.com/insights/resources/pegaworld-2015-internet-things-new-world-analytics-digital-innovation-and-0>
- [18] https://en.wikipedia.org/wiki/OODA_loop
- [19] Walker, R. (2015). *For Smarter Customer Engagement, Think Like a Fighter Pilot*.
<http://www.pega.com/insights/articles/smart-customer-engagement-think-fighter-pilot>
- [20] <https://hadoop.apache.org/>
- [21] Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age*. New York: W. W. Norton & Company Ltd.

- [22] Hugos, M. H. (2011). *Essentials of Supply Chain Management, Third Edition*. Hoboken, NJ.: John Wiley & Sons.
- [23] Council, A. & Petch, M. (2014). *3D Printing: Rise of the Third Industrial Revolution*. Published by Gyges 3D.
- [24] Wall, M. (2013). *Make-It-Yourself: The rise of the micro-manufacturers*.
<http://www.bbc.com/news/business-24203938>
- [25] The Economist: Special Edition on Manufacturing and innovation (2012). *Collaborative Manufacturing: All Together Now*. <http://www.economist.com/node/21552902>
- [26] Columbus, L. (2015). *10 Ways Mobility Is Revolutionizing Manufacturing*.
<http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2015/04/20/10-ways-mobility-is-revolutionizing-manufacturing/>
- [27] <http://www.homedepot.com/b/Tools-Hardware-Power-Tools-3D-Printers-Accessories/N-5yc1vZc7mr>
- [28] Khoshafian, S. (2015c). *Digital Transformation: Digitizing the Value Stream*.
<https://www.linkedin.com/pulse/digital-transformation-digitizing-value-stream-setrag-khoshafian>
- [29] Bergin, B. (2015). *Industrial IoT: Security Solutions*. <http://www.manufacturing.net/news/2015/10/industrial-iot-security-solutions>
- [30] Federal Trade Commission Report (2015). *Internet of Things: Privacy and Security in a Connected World*. FTC Staff Report. <https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/federal-trade-commission-staff-report-november-2013-workshop-entitled-internet-things-privacy/150127iotrpt.pdf>
- [31] Khoshafian, S. (2014d). *Digital Transformation through DCM for Master Data & Policy Management*.
<http://www.pega.com/insights/articles/master-data-management-adaptive-digital-enterprises>
- [32] <http://www.product-lifecycle-management.info/>
- [33] Khoshafian, S. & Davison, M. (2011). *Discover the 7 Strategic Advantages of BPM for Product Lifecycle Management*.
<http://www.pega.com/insights/resources/discover-7-strategic-advantages-bpm-product-lifecycle-management>
- [34] Khoshafian, S. (2015d). *Device Directed Warranty*.™ Pega eBook publication.
<http://www.pega.com/insights/resources/device-directed-warrantytm/>
- [35] Khoshafian, S., and Rostetter, C. (2015b). *Digital Prescriptive Maintenance*. In *Internet of Things, Process of Everything, BPM Everywhere* edited by Layna Fischer. <http://futstrat.com/BPMEverywhere.htm> Lighthouse Point, Florida: Future Strategies, Inc., Book Division.
- [36] http://en.wikipedia.org/wiki/Total_productive_maintenance
- [37] Khoshafian, S. (2015e). *Omni-Channel to Omni-Device: Evolved CRM with IoT*.
<http://www.pega.com/insights/articles/omni-channel-omni-device-evolved-crm-iot>
- [38] <http://www.pega.com/insights/resources/build-change-omni-channel-ux>
- [39] https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0
- [40] Industrial Internet の調査を参照: <http://ww2.frost.com/>
- [41] <http://www.iiconsortium.org/IIRA.htm> および <http://www.iiot-a.eu/public> を参照
- [42] IPv6 fact sheet <http://www.internetsociety.org/deploy360/ipv6/factsheet/>
- [43] The Internet Society (2015). *The Internet of Things: An Overview*.
https://www.internetsociety.org/sites/default/files/ISOC-IoT-Overview-20151014_0.pdf
- [44] <http://www.iiconsortium.org/>
- [45] European Parliament (2015). *Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth*.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

著者について

セトラグ・コシャフィアン博士

Pegasystems、VP、戦略主任兼リード・エバンジェリスト

業界の第一人者で、特に IoT、進化した CRM およびインテリジェント BPM によるデジタル転換を研究するデジタルエンタープライズの著名な専門家。10 冊を超える書籍、50 を超える各種業界誌および学術誌の筆頭著者。

キャロリン・ロステッター

Pegasystems、製造業担当シニア・ディレクター

世界で最も尊敬される組織のビジネス最適化リーダー。リーン シックスシグマ マスター ブラックベルトとして戦略的な計画、生産性、品質、組織の変革、チェンジ マネジメント、クライアント サービス、エンタープライズ合理化、およびマスター データ管理などの分野でビジョンや経験を提供。

ケンティアー・アダムス

エンタープライズ アーキテクト: データ科学 | IoT | アドバンスド アナリティクス | Jabil, Inc.

アプリケーション合理化および統合を含むデータサイエンスのプログラム、高度アナリティクスおよび IoT 分析のストラテジスト。ニューラル ネットワーク、機械学習、統計モデリング、ビジネス/経済モデリング、複雑なイベント管理および協業的データサイエンスプラクティスのエバンジェリスト。



Pegasystems について

Pegasystems は、セールス、マーケティング、サービス、および経営のための戦略的アプリケーションを提供しています。ペガのアプリケーションは、業務を合理化し、すべてのチャンネルにわたって企業と顧客をリアルタイムかつシームレスに結び付け、変化の激しい要件に対応します。ペガのグローバル上位 500 社の顧客には世界最先端の大手企業が多数含まれています。ペガのアプリケーションは、オンプレミスまたはクラウドで利用することができ、統合された Pega 7 プラットフォーム上に構築されています。このプラットフォームでは、視覚的なツールを使用して、顧客のビジネスニーズに合わせてアプリケーションを簡単に拡張および変更することができます。顧客企業からは、最速の Time-to-Value を実現し、極めて短時間で効率的な横展開およびグローバル展開を可能にする企業として評価いただいております。

詳細については、当社ウェブサイト WWW.PEGA.COM を参照してください。