

ホワイトペーパー

---

## APM 4.0と予測分析/処方的分析

センサーデータを使用して投資収益率を最大化

**作成者：**

-

ワーナー・マイヤー

APMポートフォリオ戦略 – 処方的分析リード

### 要約

Asset Performance Management 4.0 (APM 4.0) は、予測アラートと処方的分析によって実現するプロアクティブな設備パフォーマンス管理の能力を備えています。この結果、コストの削減、計画外のダウンタイムの削減、人員の活用と機器パフォーマンスの最適化が可能になります。予測分析と処方的分析を通じて、企業は最も重要な資産に対する計画外のダウンタイムを回避するためのアセット戦略を実施できます。同時に、重要度の低い機器に対して、どの予防戦略または修正戦略を実行するのが最適かを判断できます。

真のデジタルトランスフォーメーションには、エンジニアリング、オペレーション、パフォーマンスを総合的につなぎ、アセットパフォーマンスを飛躍的に向上させるシステムに対する、アセット指向のAPMアプローチを強化する必要があります。APM 4.0は、アセットライフサイクル全体を通して1つの統合デジタルスレッドを作成します。2つの要素がこの新しいデジタルスレッドの成功に重要な役割を果たします。第一に、設備と労働者の間に接続性がなければなりません。第二に、センサーとインテリジェントなデータから得られる意思決定をリアルタイムで実行できなければなりません。APM 4.0はアセット指向のアプローチを採用していますが、一方で重要なビジネス成果の実現に重点を置いています。安全性、収益性、持続可能性を高めることで、優れたアセットを実現します。

# 概要

オートメーションは産業全体で普及が進んでいるため、製造、産業、工場の各環境では、機械装置が電子部品に置き換えられつつあります。この進化により、より多くのセンサーが多くの種類のデータを取得するために使用されるようになっていきます。これらセンサーから取り込むことができるデータが深いほど、お客様にとって可視性と洞察力が向上します。

APM 4.0に不可欠なのは、**真の主要な性能指標を用いたセンサーベースの意思決定です**：さまざまなセンサーやモバイルデバイスにより、設備の状態、パフォーマンス、安全性に関するリアルタイムのデータが意思決定者に提供され、より正確な意思決定が可能になります。一般的に広く使用されている事後的対応（性能指標に障害が発生した後にのみ報告する）とは対照的に、状態監視、AI、およびエンジニアリングの専門家のシステムは、センサーデータを使用して、パフォーマンスの低下やコンポーネントの障害が発生する前に予測します。

産業機器の正常な稼働には、計画的なシャットダウンと計画的なメンテナンス時間が必要です。このため、APM 4.0が約束するのは機器を継続的にオンライン状態に維持することではなく、むしろAPM 4.0を利用すると、センサーデータを最大限に活用して、投資収益率（ROI）を最大化できるようになることです。これはつまり、リスクの軽減と機会の活用を最大限に行うために、重要度の高い機器から重要度の低い機器まで、個々の資産をどのように管理および維持すべきかを正確に把握できるということです。

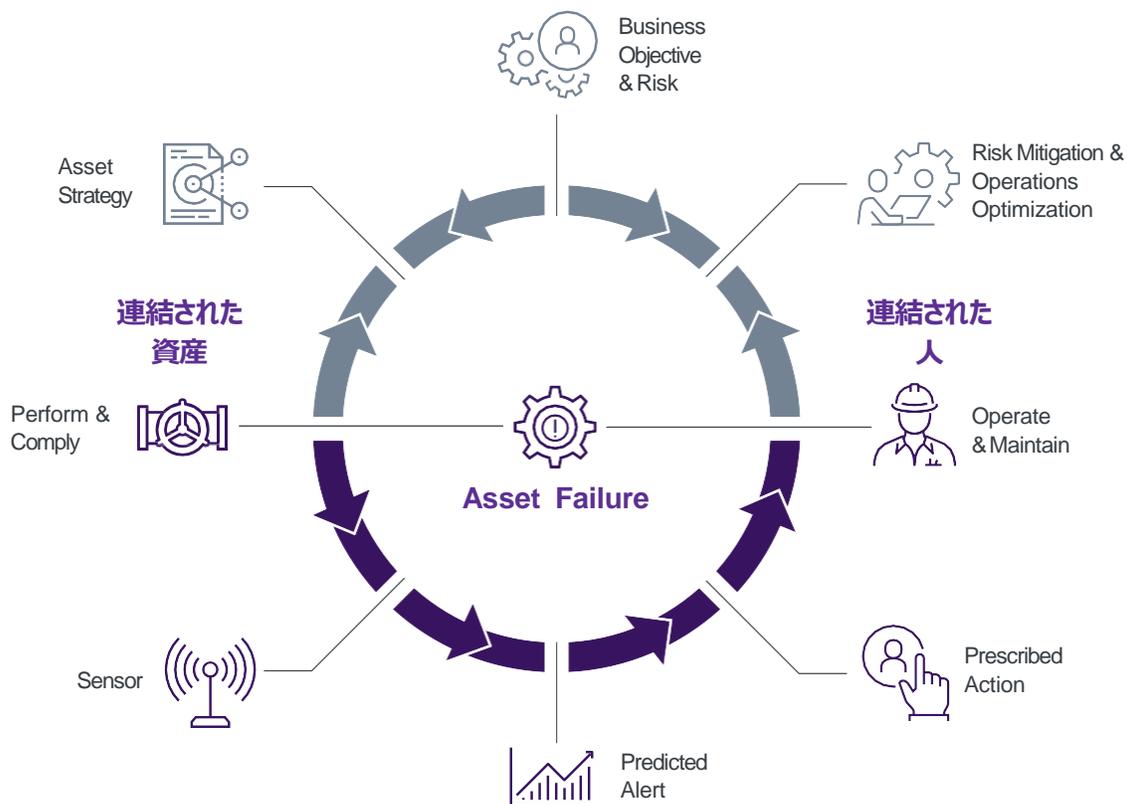
このホワイトペーパーでは、APM 4.0が期待する価値を完全に引き出すために、予測アラートと処方的アクションをどのように連携させる必要があるかに関する洞察を提供します。また、これらのツールを組み合わせることで設備の管理を改善する方法、これらのツールを導入する際に避けるべき潜在的な課題、意思決定プロセスにおけるこれらのツールの役割について説明します。資産のROIに直接プラスの影響を与える真の主要な性能指標を用いて、センサーベースの意思決定をする方法を紹介します。これは、統合された完全な方法であり、オーナーオペレーターとして明確な価値をもたらします。

大手のセメント会社は、設備劣化の予兆を知ることによって、すべての設備のメンテナンス戦略を改善することができました。その結果、予測メンテナンスを通じて修正メンテナンスコストを削減し、1:19のROIを達成しました。エネルギー企業は、検査とエンジニアリングの間のギャップを埋め、早期の警告通知に対するオンラインによる継続的な監視を通じて、1,000万ドルを超える損害を引き起こす壊滅的な障害を回避しました。

# 全体像：分析とリスク管理

センサーデータを活用して意思決定を改善する予測分析と処方的分析は、パフォーマンスを向上させる大きな機会を提供します。ただし、設備故障のリスクを軽減し、パフォーマンスを最適化するために予測アセット戦略を実施することは、すべての場合において現実的ではないということを認識することが重要です。第一に、エンジニアリングの観点から言えば、現在のセンサー技術では、故障を事前に予測できるように、新たに発生する設備故障を測定したり、故障メカニズムを何らかの形で測定したりすることは、場合によっては不可能かもしれません。第二に、一部の設備では、修復に要するコスト（センサー、インフラ、分析、不測の事態など）がメリットの価値よりも高額になる可能性があるため、予測戦略を適用することが財政的に実行可能でない場合があります。

完全なAPMソリューションを作成するために、オーナーオペレーターは、以下の図に示すように、アセットリスク管理に対する健全なアプローチで、予測分析と処方的分析を補完する必要があります。さらに、オーナーオペレーターは、資産コンテキストを評価し、故障が起きた場合のコンテキストへの影響に基づいて重要度を定義する必要があります。会社の最も重要な資産（A-クリティカル資産）については、簡単に進めることができます。オーナーオペレーターは、すべての機会を最大限に活用して、状態とパフォーマンスを監視および制御します。しかし、B-クリティカル資産とC-クリティカル資産については、より構造化された資産戦略最適化アプローチが必要になります。



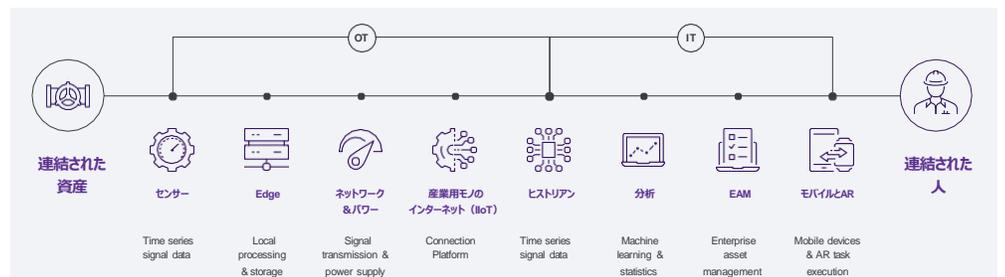
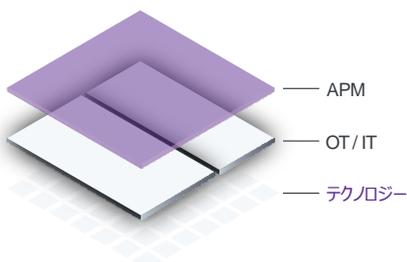
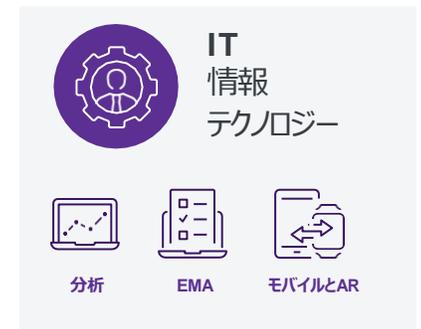
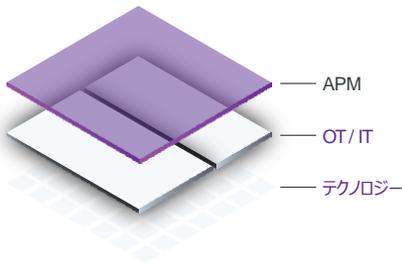
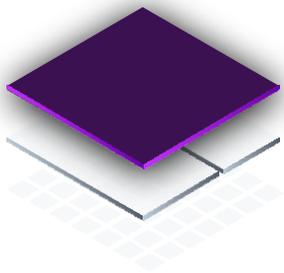
# アセットパフォーマンス管理 (APM) 4.0

APMをアセット指向のアプローチから、エンジニアリング、運用、パフォーマンスを全体的に結び付けるシステムにアップグレードします。

従来の APM は、信頼性エンジニアリング手法 (Reliability Centered Maintenance : RCM) に重点を置いています。たとえば、根本原因解析 (RCA)、故障モード・影響および致命度解析 (FMECA)、そして、設備保全管理システム (CMMS)、企業資産管理 (EAM)、企業資源計画 (ERP)、ビジネスインテリジェンス (BI) などの情報テクノロジー (IT) です。

しかし、APM 4.0ではITとOTを統合し、いくつかのテクノロジーのレイヤーを通じて、アセットライフサイクルの様々な段階 (エンジニアリング、運用、パフォーマンス) で人とアセットをつなぎます。APM 4.0 は、予測分析とデータサイエンスの基礎を築き、時系列のセンサーデータを強力な予測指標に変換します。これにより、オーナーオペレーターは資産の障害を回避し、アセットパフォーマンスを最適化できます。

APM 4.0では、次のテクノロジーレイヤーが平行して動作します。



# センサーデータを使用してROIを最大化

株主は、合理的な投資収益率（ROI）を期待して資産に投資します。ROIは主に、資産から得られる営業利益によって定義されます。しかし、ROIは運用するオーナーオペレーターの操業許可にも左右されます。資産の健全性が損なわれ、安全性、品質、または環境規制に準拠しない場合、オーナーオペレーターは資産が責任のある当局によって操業停止を余儀なくされるリスクを負います。

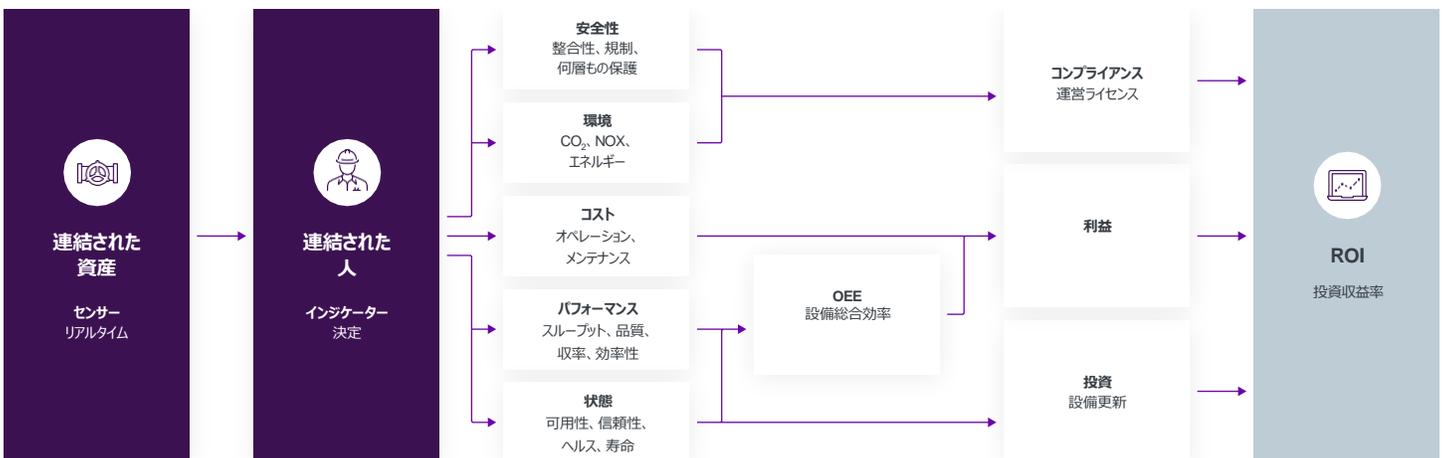
APM 4.0は、センサーとROI間に直接のリンクを確立します。センサー情報から重要なパラメータ指標を作成し、意思決定者がアセットパフォーマンスを最適化できるようにします。史上初めて、これらの性能指標は、実際に性能低下が発生する前に予防・処方できるという点で真に「リード」しています。

「APM 4.0では、リード指標がリアルタイムで調整され、パフォーマンスが向上します。」

現在まで、パフォーマンスシステムは主に運行指標（コスト、可用性、安全インシデント数など）に基づいて運用されてきました。これらの指標は、事後の問題のみを報告しています。

APM 4.0とそのセンサーベースの意思決定は、アセットパフォーマンスの理解に影響を与えます。収益は、資産から機器の稼働による製品の生産にかかる変換コストを差し引いて生成される回転率です。回転率は、資産の総合設備効率（OEE）指標に直接関連し、コストは変換/生産コストと機器の保守コストで構成されます。APMの意思決定は、OEEとその設備を稼働するコストに直接影響を与えるため、資産の最終的な収益性にも影響を与えます。

APM 4.0はセンサーと指標を利用して、製造プロセスとマシンのパフォーマンスを監視および最適化します。APM 4.0ではリード指標によって、リアルタイムでパフォーマンスを改善します。



# 資産とプロセスエクセレンス

アセットパフォーマンス管理（APM）は、5つの主要な分野で資産とプロセスエクセレンスを実現することに重点を置いています。

- 1. 安全性：**アセットを運用する作業員の安全を確保し、機器固有の規制要件に準拠できるようにします。多くの場合、これらは国や業界で定義された地域の要件です。コンプライアンスに違反すると、操業許可を失う重大なリスクが生じます。
- 2. 環境：**アセットの運用が環境に与える影響（排出量、フットプリントなど）に関する規制に準拠します。これにはすべての持続可能性の目標も含まれます。
- 3. コスト：**アセットの運用およびメンテナンスコストの合計。これら2つのコスト要素は相互依存が大きく、統合された方法で管理する必要があります（たとえば、操作ウィンドウの外で機器を実行すると、劣化メカニズムが増加し、資産の状態が悪化します）。コストは、資産の営業利益に直接影響します。

- 4. 性能：**目的の出力を生み出すために資産を効率的かつ効果的に運用する方法。これは業界の種類に大きく依存しています。一般に、製造された製品のスループット、歩留まり、品質に基づきます。性能は、資産によって生み出される収益に直接影響を与えます。
- 5. 可用性：**APMの従来分野では、資産の信頼性と可用性を高いレベルで実現することに重点が置かれています。資産の健全性はメンテナンス可能なアイテムの状態に依存し、資産の交換に必要な投資は、その状態をどれだけ維持できるかによって大きく異なります。資産の可用性は資産収益に直接影響します。



# 予測アラートと処方的アクションを伴うAPM 4.0の概要

以下にAPM 4.0と予測分析および予測分析ソリューションの概要を示します。まず、ヒストリアンツールによって統合および一元化された時系列データを使用して基盤が作成されます。第二に、予測分析では、この時系列データを使用して、最適なアセットパフォーマンスを予測する重要な指標とアラートを作成します。

第三に、各アラートには固有の処方的アクションがあらかじめ定義されている必要があります。アラートがトリガーされると、これらのアクションを使用してアラートを管理し、障害が発生する前に問題を解決できます。

- 1 Time-series data
- 2 Predictive alerts
- 3 Prescriptive actions

1

✓

Time-series data



**Standard process control sensors**

- Continuous sensor/signal data
- Flow, pressure, temperature, viscosity, speed, etc.

**Mobile inspection measurements**

- Time interval data recording

**Dedicated condition monitoring sensors**

- Vibration Analysis (VA)
- Current Analysis (CA)
- Acoustic Emission (AE)
- Thermography (TG)
- Ultra-Sound (US)



**Historian**

- Centralized time-series data base (points/tags)
- Plant & enterprise historian

2

✓

Time-series data



**Condition monitoring**

- Indicator with fixed threshold alert
- Indicator y has clear  $y=f(x)$  function to sensors x



**Anomaly detection**

- Indicator is based on Machine Learning algorithm
- Advanced Pattern Recognition (APR)
- Overall Model Residual (OMR) robust indicator defines deviation from "normal"



**Failure Prediction**

- Indicator on Failure Mode level (link sensors to failure)
- Maximize prediction accuracy, reliability & specificity
- Engineering Expert Decision Rule System (Fault Diagnostics), that interprets relative trends among sensor data.

3

✓

Time-series data



**Critically: \$€€**

What is the impact?

- Effect of Failure Mode occurs



**Urgency: Days**

How much time do I have?

- Predict WHEN failure mode will once Indicator Alert triggered (PF interval)
- Inherent to the failure mechanism



**Action: Task**

What action will I take?

- Contingency preparation and response for Alert trigger
- Tasks, skills, tools, permits, isolation (LOTO) work instructions



**Action: Spare**

What spare part do I need for task?

- Spare part strategy: replacement level, spare location, safety

## 時系列データとヒストリアン

通常、マシンとそのセンサーはプラットフォームに接続され、時系列データを効率的に接続してデータヒストリアンに送信することができます。各センサーのデータは、ヒストリアンの個別のタグまたはポイントに保存されます。時系列データタグには、通常、次の3つのソースがあります。

- **標準プロセス制御センサー**：これらはアセット運用の自動化に必要なセンサーです。これらは、特定の機器が期待される範囲内で動作していることを確認するのに役立ちます。例えば、温度センサーは冷凍庫が内容物の凍結を維持するのに十分な温度を維持しているかどうかを監視します。
- **専用の状態監視センサー**：これらのセンサーは、アセットの運用を自動化および制御するために必要ではありません。代わりに、軸受の振動の測定など、設備の健全性に関する洞察をもたらすデータを取得します。
- **モバイル検査の測定値**：センサーを介して継続的に収集されたデータではなく、検査巡回中に人が収集してモバイル機器に入力した資産の測定値です。

## 予測アラート

APM 4.0は、時系列データに予測分析を適用して、重要かつ正確であり、具体的な指標とアラートを作成します。これにより、意思決定者は、障害が発生する前にアセットパフォーマンスに影響を与えることができます。予測分析には、アラートを作成するための次の3つの戦略が含まれます。

### 状態監視

この戦略を実行するには、最も基本的な実装が必要です。これには、1つまたは複数のセンサーを取り、その情報を基に重要な指標を定義し、固定のしきい値を設定する必要があります。しきい値を超えた場合は、問題または障害を示していると見なされ、その後アラートが発報されます。状態監視では、通常、指標が定義され、ヒストリアンで計算されます。また、ほとんどのDCSシステムには、監視および制御ソリューションの一部として、標準の固定しきい値アラートが含まれています。

## 異常検出

この戦略にはAI、つまり機械学習テクノロジーが必要です。このアルゴリズムは、アセットの「通常の」動作を反映する時系列トレーニングデータのセットを学習します。次に、新しいデータセットでアルゴリズムを実行して、異常を確実に検出できるかどうかをテストすることで、アルゴリズムの精度をチェックします。この戦略には2つの大きなメリットがあります。第一に、インジケーターとセンサーの間に数学関数を定義する必要はありません。第二に、それは同時に多くの異なるセンサーを監視することができます。

## 破壊モード予測

予測と処方的分析における究極の目標は、特定の故障モードの正確で信頼性の高い予測をすることです。これは、スベア部品などの準備と迅速なフォローアップを可能にして問題を解決するためです。この目標は、センサーの固定しきい値（フィルター間の圧力差でフィルターの詰まりを示すなど）を監視することで達成できる場合がありますが、ほとんどの障害モードでは、この目標にはより高度なアプローチが必要です。障害モードの種類と、測定、モデル化、予測するために技術的に実行可能な内容によって実際に異なります。

この高度な方法は、異常を検出するために使用される機械学習アルゴリズムを拡張したものです。複数のセンサーを監視し、それらの相対的な動作を追跡する、エンジニアリングの第一原則とエキスパートルールシステムを用います。また特定の障害の診断を示す規則と状態を定義します。異常診断が特定の障害モードを表すことが理想的です。ただし、現場で使用可能な現在のセンサー（ほとんどの場合、標準のプロセス制御センサー）では、このような特定のアラートを常に作成できるわけではありません。この場合は、センサーから推測できる内容を最大化します。アラートは、問題の潜在的な原因が複数あることを示し、スマートな診断アクションを必要とします。そして、修理または部品交換などの保守アクションを承認し、実行する前に、最も可能性が高い障害モードが何であるかを確立します。

処方的診断処置は医師の診察を受けることと似ています。

医師は体温を測ったり、血液を検査したり、画像認識で自動で行える視覚検査を行ったりします。しかし、マリアの検査のために採血する前に、最近の国外への旅行について質問するなど、診断を確定するために必ずしも測定されない方法に頼る場合もあります。言うまでもなく、あなたは自分の病気の性質と原因が何であるかを可能な限り自信を持って理解したうえで、誰かに手術をしてもらいたいと思います。

正確な予測は、利用可能なデータの量と品質に基づいてのみ可能であり、この機能はセンサー技術の限界に結びついていることを意識する必要があります。センサーの進化とともに、故障モード予測機能も進化していきます。

## アラート管理

アセットパフォーマンスの最適化に役立つアラートを監視、予測、作成するシステムをお勧めします。ただし、これらのシステムから提供されるアラートをフォローアップできる必要があります。

アラートを効果的に管理できなければ、次のような問題に直面する可能性があります。

- **アセットの故障**：予測された障害が発生し、機器が破損します。つまり、障害が発生する前に診断と解決を行う処方的なアクションを実行することができず、アラートに対応することができません。
- **アラートの見逃し**：発生したすべてのアラートに効果的に対処するための時間とリソースがチームにない場合、特に優先度が低いと見なされた場合は、無視し始め、破棄する可能性があります。時間の経過と共に、機敏な感受性を欠くようになり、機器の安全性とパフォーマンスに深刻な影響を与えるようになります。
- **アラート監視の諸経費**：効果のないアラート管理ツールを使用すると、不要な諸経費が発生し、人々は問題に集中して解決するのではなく、今何を行う必要があるかを議論してしまい非効率な時間を費やすことになります。
- **予測分析の価値実現を軽減**：アラートに迅速に対応できないため、そもそもAPM 4.0技術を実装するメリットが失われます。

### 予測アラートの処方的分析

適切なAPM 4.0ソリューションを使用することで、アラートの優先順位付けとスケジューリングを迅速に決定できるため、タスクを準備して予備部品を確実に使用できます。予測アラートに予測分析を追加することで、APM 4.0のメリットを最大限に高め、アセットパフォーマンスを向上させるアクションをしてうまくフォローアップできます。

これを実現するには、各アラートを4つの属性で構成される処方的アクションに紐づけて考える必要があります。

- **重要度**：この予測される障害がもたらす財務的影響は何か？ その影響は、予測される障害モードが発生した場合のイベントの結果の影響です。この点に関する影響は、確率の要素を含む危険因子ではなく、影響因子のみであることに注意することが重要です。
- **緊急度**：どれくらい緊急性がありますか？ 緊急度は、インジケータアラームが発報された後に障害モードがいつ発生するかを正確に予測します。従来、状態監視の分野では、これを「PF間隔」と呼んでいます。ここで、「P」は潜在的故障、「F」は実際の機能的故障を表します。この属性は、予測障害モードの障害メカニズムに固有のもので、
- **アクション**：何をしますか？ この属性は、発報されたアラートに対する準備および応答機能を定義します。実行する必要があるタスクを定義し、必要なスキル、ツール、許可、作業指示、必要な資産安全隔離（ロックアウト/タグアウト）を含みます。

- **スペアパーツ管理**：適切なスペアパーツを手元に置くことで、予測される障害が発生する前に回避できるかどうかが決まります。故障を予測したが、必要なスペアパーツを在庫に保管せず、その結果、問題を解決するためにスペアパーツを時間内に補充できない場合は、結果的に問題は解決されません。

## APM 4.0の実装上の課題：イベントベースとプランベースのAPM

予測分析および処方的分析を使用したAPM 4.0は、イベントを作成するアラートを発報します。これらのイベントは、アラートトリガーの原因となった障害モードに対処するためのアクションとともに、優先順位付け、スケジュール設定、およびフォローアップが行われます。これは、時間ベースのメンテナンス（Time-based Maintenance：TBM）と使用ベースのメンテナンス（Usage-based Maintenance：UBM）戦略を使用する従来のAPMとはまったく対照的です。

従来のプランベースのAPMの利点は、イベントを事前に計画して準備できることです。予算と契約を確立し、作業の範囲を固定し、予備部品をジャストインタイムで購入することができます。APM 4.0のイベントベースの資産予測戦略では、作業時間と予備部品の要件が異なり、前もって見積もる必要があります。

イベントベースのタスクによる予測アラートと処方的アクションには、「ピットストップ（休憩場所）」アプローチの実装が必要です。このアプローチを正常に実行するには、以下が必要です。

- APM実行システムで慎重にタスクを準備し、予備部品を使用可能にする（Enterprise Asset Management：EAM、Computerized Maintenance Management System：CMMSなど）
- 柔軟性、機敏性、規律
- プロセスと組織における高レベルの実行成熟度
- 優先順位付け、スケジューリングのための高度なツール、アラート、案件、および作業指示の追跡

## 資産戦略の最適化

予測分析と処方的分析は、資産パフォーマンスの管理方法を改善する多くの機会を提供します。しかし、現実的に考え、期待をコントロールすることが重要です。

すべての障害モードが予測戦略で対処できるとは限りません。すべての障害モードに対して予測戦略を実装することは、技術的、経済的、または組織的に実行可能ではない場合があります。戦略のコストは、軽減するリスクと合わせる必要があります。リスクは、機器の故障モードによって引き起こされる障害結果によって異なります。この障害モードは、設備の機能と、生産工程における設備の場所などの事情によって異なります。

各設備事情と障害モードに最適な資産戦略を定義する構造化手法は、資産戦略の最適化（Asset Strategy Optimization：ASO）と呼ばれます。

留意すべき重要な点は、処方的な能力は、あらゆるタイプの資産戦略に適用可能であるということです。特定の資産に対する戦略が計画、予測、修正のいずれであるかにかかわらず、各障害に関する重要度、緊急度、アクション、予備部品を知ることは不可欠です。

さらに注意すべき点は、一つの戦略が常に他の戦略より優れているというわけではないということです。それは状況によります。重要な設備には予測アラートが必要です。技術的に可能であれば、リソースを最大限に活用して障害を予測したいと考えます。その他の設備については、機器が故障してから修正する戦略が許容される場合があります。特に、故障のダウンタイムを最小限に抑える積極的な予備部品戦略と組み合わせた場合は、その可能性が高くなります。

予測APMでは、アラートのPF間隔内でタスクを実行するために、「ピットストップ」アプローチが必要です。

## まとめ

APM 4.0は、予測アラートと処方的分析によって可能になるプロアクティブなアセット管理を約束します。コストの削減、計画外のダウンタイムの削減、および労働使用と機器パフォーマンスの最適化を実現します。

予測アラートと処方的分析を通じて、企業は予防資産戦略を実施し、最も重要な資産の計画外のダウンタイムを回避しながら、重要性の低い機器に対してどの予防または是正資産戦略が最適なアクションかを決定できます。

### 著者について



#### ワーナー・マイヤー

現在は、APMポートフォリオ戦略チームの一員として、AVEVAの予測および処方的分析イニシアチブを率いています。

23年間にわたりオーナーオペレーターをサポートし、サプライチェーンとオペレーションエクセレンス、投資とエンジニアの調達構築、アセットパフォーマンス管理の分野で大きな成果を上げました。そのため、アセットライフサイクル全体でエンジニアリング、運用、メンテナンス、パフォーマンスを統合し、APM 4.0が提供する大きな可能性を実現するための理想的な立場にあります。彼は、成功するテクノロジーソリューションは、組織のすべてのレベルの人々を完全に関わらせることになるのを理解しています。

運用の信頼性を高める方法については、以下のサイトをご覧ください。  
[aveva.com/en/perspectives/campaigns/operational-reliability](https://aveva.com/en/perspectives/campaigns/operational-reliability)

デモをリクエスト

Gold  
Microsoft Partner



AVEVA

Copyright © 2022 AVEVA Group plcおよびその子会社。All rights reserved.

記載されているすべての製品名は、それぞれの所有者の商標です。