



# 高度な予知保全 機能の実装

## はじめに

予定外のダウンタイムにかかるコストは莫大です。影響を受ける業界および産業用途によって、予定外のダウンタイムの時間は、問題に関連するオートメーション機器の交換にかかるコストよりも高くなる場合があります。

この白書は、予想外のダウンタイムに関連するコストの重大さを説明し、可変周波数ドライブで高度な予知保全機能を実装する価値を実証することを意図しています。

## 理由とメリット

多くの場合、オートメーション機器の故障は、その内部の個々のコンポーネントの寿命が機器全体ほど長くないために発生します。

この寿命は機器の使用方法和動作環境によって異なる場合があります。

産業生産設備のマネージャは、これらのコンポーネントの寿命にいくつかの方法で対処することができます。

- コンポーネントが故障した時点で対応する
- 使用状況および動作環境に関係なく決まったスケジュールでコンポーネントを交換する
- コンポーネントが寿命を超える前に、高度な予知保全機能を使用して、コンポーネントを必要に応じて交換する

最初の方法は、おそらく最もコストのかかる予測不能な方法でしょう。これらのコンポーネントが故障すると、予定外のダウンタイムが生じる可能性が高くなります。ダウンタイムのコストは、トラブルシューティング時間、交換用コンポーネントと機器の可用性、および機器の保守性によってのみ制限されます。この方法は混沌とした状況を生み出します。メンテナンス担当者の主な役割は「火消し役」となります。

2番目の方法は最初の方法よりも有効ですが、最適ではありません。固定の一定間隔で実施する点検サービスでは、機器の使用方法の変化や機器の環境の変化には対応できません。この方法を使用すると、メンテナンスと交換用コンポーネントに余分なお金を費すこととなります。これは、動作モードまたは動作環境が、一定の点検間隔を規定するモードや環境ほど厳しくない場合に起こります。また、これによって、予定外のダウンタイムが起こる場合もあります。これは、動作モードまたは動作環境が、一定の点検間隔を規定するモードや環境より厳しい場合に起こります。

3番目の方法がもっとも少ないコストで済む方法です。これによって、予定外のダウンタイムが低減され、メンテナンスと交換コンポーネントにかかるコストが最適化されるため、メンテナンス担当者の作業負荷を妥当なものに調整し予測可能にします。

## 例:スムーズな稼働日

簡素化した例を見てみましょう。この例での会社は製造ラインを1日8時間稼働しています。製造ラインは、1時間当たり5,000ドルに相当する材料に対し、1時間当たり25,000ドルに相当する販売商品を生産します。固定費(減価償却、設備費など)は1時間当たり500ドルかかります。機械の稼働に要する人員コストは1時間当たり500ドルかかります。稼働がスムーズに進んでいる日の生産ラインでは、144,000ドルの利益が得られます。図1は、この例を示しています。

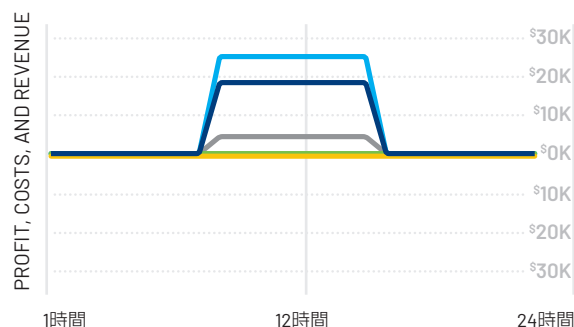


図1  
スムーズな稼働日

## 例: 予知保全を備えていない非効率な稼働日

この例では、大型ドライブのヒートシンクファンのベアリングが消耗し、ファンが回転しなくなります。これによって、ドライブが電源モジュールを過熱させ、ロスタイムが生じます。この停止時に生産活動に従事する人員は配置されたままです。2人のメンテナンス技術者が、1時間かけて機械のトラブルシューティング、交換用電源モジュールの調達と設置を行います。電源モジュールは25,000ドルかかります。メンテナンス技術者は1時間当たり125ドルかかります。スムーズな稼働日に比べて、損失利益は45,250ドルになります。図2は、この例を示しています。

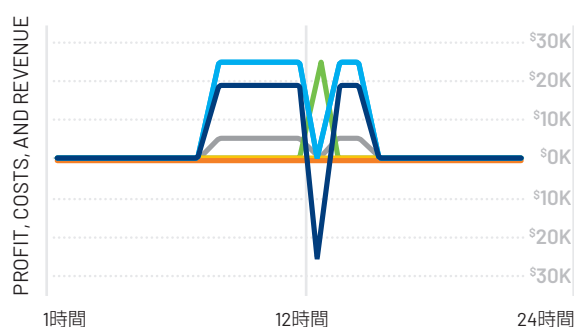


図2  
予知保全を備えていない非効率な稼働日

## 例: 予知保全を備えた非効率な稼働日

予知保全ファームウェア機能は、ファンの消耗を事前に予想します。メンテナンス担当者の手元には交換用ヒートシンクファンがあります。1人のメンテナンス技術者が、予定された稼働の開始1時間前にファンを交換します。交換用ファンのコストは2,210ドルです。予定外のダウンタイムも稼働ロスもありません。スムーズな稼働日に比べて、逸失利益は2,335ドルになります。これは、予知保全が伴わないシナリオと比べて、42,915ドルの改善を示しています。図3は、この例を示しています。

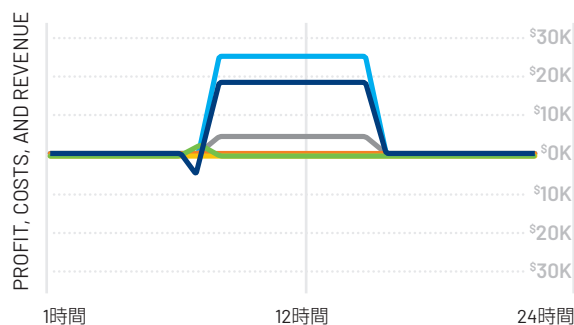


図3  
予知保全を備えた非効率な稼働日

● REVENUE ● FIXED COST ● MATERIAL ● PRODUCTION STAFF  
● REPAIR STAFF ● REPAIR PARTS ● PROFIT

# 予知保全ファームウェア機能の仕組み

特許取得済みの新しい予知保全モデルは、共通のフレームワークを軸にして作成されており、ここでは、各コンポーネントが消費する寿命はドライブによって追跡されます。高度な故障物理モデルはドライブに組み込まれ、実際のストレス(電圧、電流、速度、切換え周波数、温度)をファン、パワー半導体、コンデンサ、ブレーカなどの重要なコンポーネントの寿命消費に変換します。消費された寿命がユーザ定義したイベントレベル(デフォルトは80%)を超えると、アラームが生成され、特定のコンポーネントに対する予知保全が必要であることを示します。一般的なモデルフレームワークを図4に示します。

寿命消費率は、疑似のローリング平均において各コンポーネントのファームウェアでも追跡されています。この率は各ドライブに固有であり、ドライブの実際の使用方法によって変動します。新しい予測モデルは、寿命消費のローリング率に基づいて、消費された寿命の割合がアラームレベルに達するまでの時間数を計算します。この残り寿命を計算することで、予知保全と最小ダウンタイムを事前に予定することが可能です。

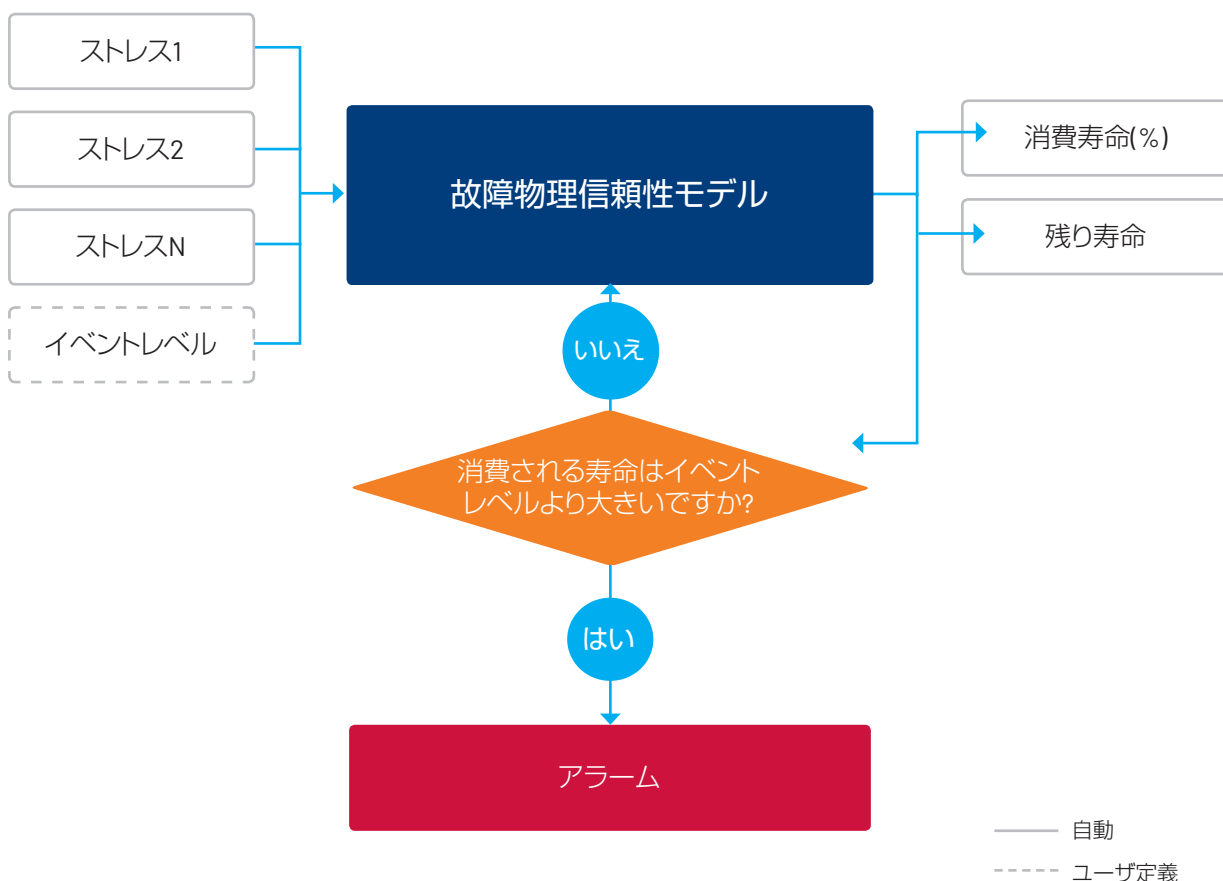
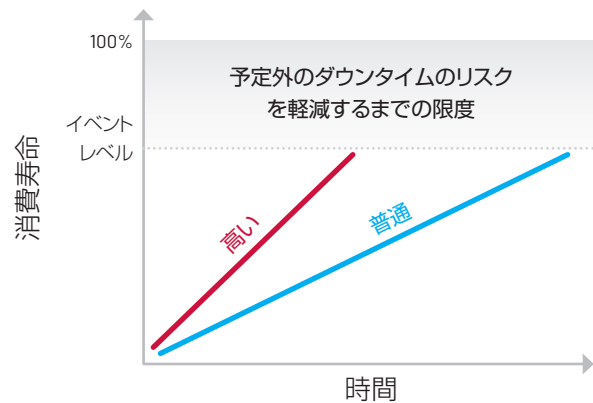
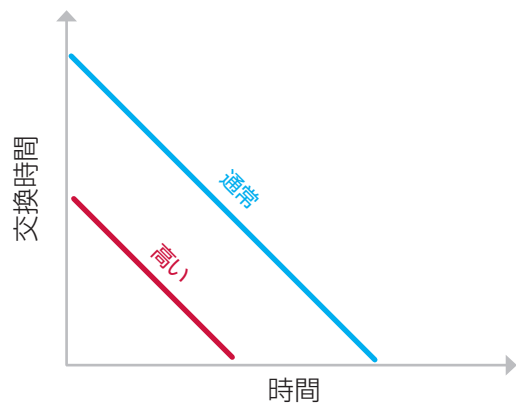


図4 新しい予知保全モデルの共通フレームワーク

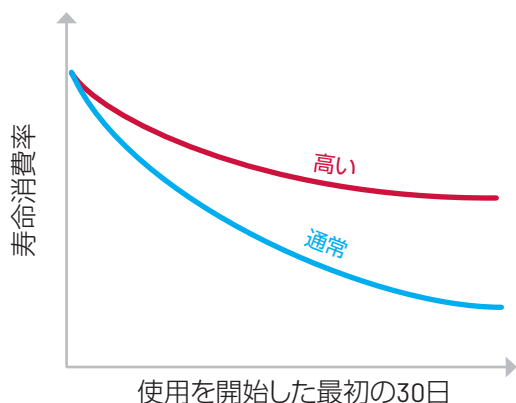
コンポーネントの寿命消費率は、電流、速度、切換え周波数、周囲温度など実際のストレスパラメータによって変わります。ストレスが高いほど、寿命消費率も急速に上昇します(図5Aを参照)。イベントレベルまたはアラームが生成されるまでに消費した最大寿命の目的は、エンドユーザが予定外のダウンタイムのリスク制御を可能にすることにあります。図5Bは、ストレスが高いほど、交換時間が加速されることを示しています。最後に、新しい予知保全アルゴリズムがドライブの使用方法を調整する場合、モデルがアプリケーションのストレスについて学習するまで30日ほどかかります(図5Cを参照)。



**図5A**  
寿命消費に対するストレスの影響



**図5B**  
交換時間に対するストレスの影響



**図5C**  
寿命消費率に対するストレスの影響

以下のセクションには、各コンポーネントの予測モデルに関する詳細情報を記載します。

## 電力半導体

ドライブ内の電力半導体(IGBT)の予知保全モデルは、IGBT製造メーカーのデータとRockwell Automation®のエンジニアによって実施された幅広いテストの両方から作成された独自の故障物理モデルに基づいています。IGBTモデルは、ボンディングワイヤの疲労とはんだの疲労という2つの故障モードを考慮しています。高い内部IGBT温度サイクルを行なうアプリケーションは、低い内部IGBT温度サイクルを行なうアプリケーションよりも早く寿命を消費します。これらの温度サイクルは、内部センサ、制御パラメータ、および図6に示した幅広いロックウェル・オートメーションのテストから抽出された高度なサーマルモデルを使用して正確に計算されます。IGBTの予知保全モデルは実際のドライブ動作に依存するため、ドライブ動作の動的な性質を考慮して実際の寿命消費率を把握します。経過した残りの寿命の計算は毎分更新され、ユーザが定義したイベントレベルに基づいて残りの寿命が計算されます。

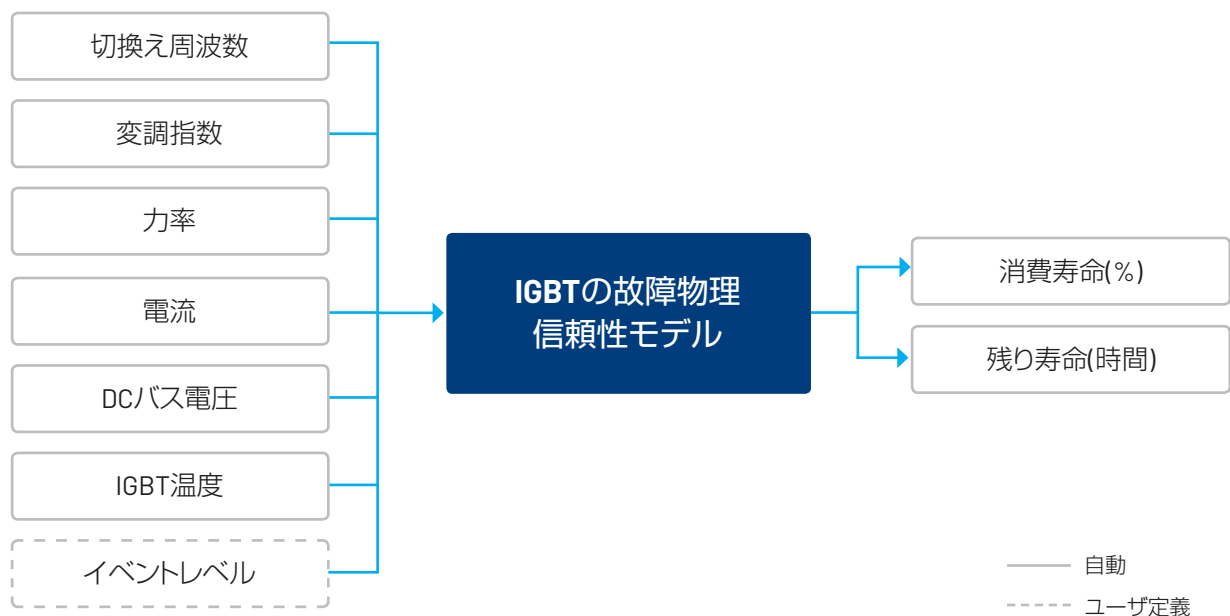


図6 パワー半導体の予知保全モデルの図

## ファン

各ファンには、ベアリング寿命および寿命がある他の電子機器の故障物理モデルに基づいた予知保全モデルがそれぞれ関連付けられています。これらの電子機器は、ファン製造メーカーまたはロックウェル・オートメーションのエンジニアによって実施された寿命テストから取得した信頼性データに合わせて設定されています。ファンの寿命は、ファン周囲のローカルの温度と総回転時間の影響を最も受けます。このローカルの温度は、直接測定されるか、以下の図と表に示した1つ以上の温度センサから正確に推定されます。ファンが回転していない場合、寿命は消費されなくなり、ファンが1日に数時間のみ稼働する状況に合わせて、予測されたファン交換時間が簡単に調整されます。経過した残りの寿命の計算は毎分更新され、ユーザが定義したイベントレベルに基づいて残りの寿命が計算されます。ファンのディレーティングパラメータによって、計算された残りの寿命は少なくなります。これは、実際のファンの寿命を短くする環境汚染などその他のストレスの主な原因となります。

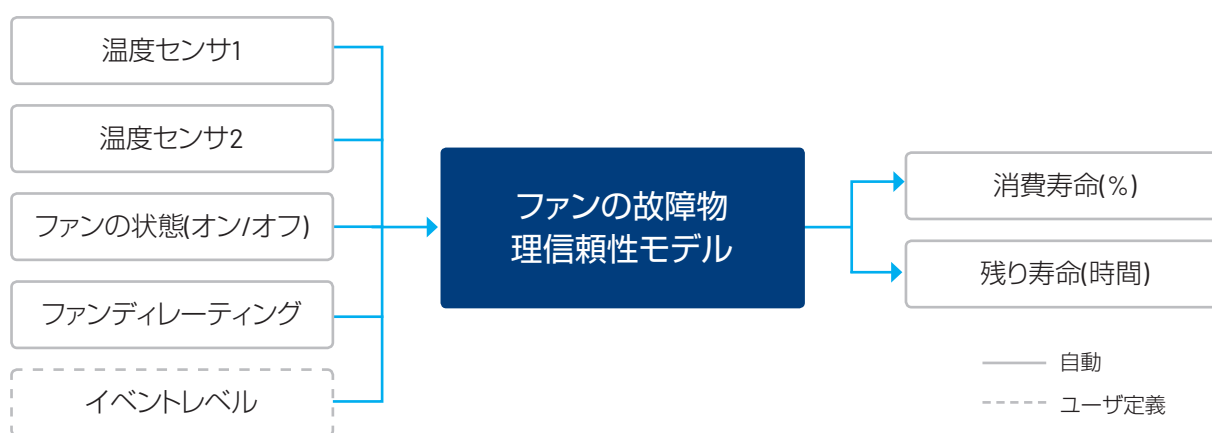


図7 ファンの予知保全モデルの図

表1 ファン周囲温度の計算に使用される温度センサ

ファン	温度センサ1	温度センサ2
ヒートシンク	吸気口温度	--
制御ポッド	制御ポッド温度	--
パワーラーフ	吸気口温度	ヒートシンク温度
入力ベイ	吸気口温度	--
制御ベイ	制御ポッド温度	--
配線ベイ	吸気口温度	--

## DCバスコンデンサ

DCバスコンデンサの寿命は、コンデンサの内部温度と印加電圧に基づいています。この予測モデルは、複数のセンサと制御値を使用し、コンデンサ内部で生成された熱を計算します。内部温度は、ロックウェル・オートメーションのエンジニアによって実施された幅広いサーマルテストから得られた実証的モデルを使用して、2つの温度センサと熱生成の推定値から正確に計算されます。コンデンサの寿命消費率は、製造メーカーから取得された故障物理モデルに基づいています。経過した残りの寿命の計算は高い信頼性で更新され、ユーザが定義したイベントレベルに基づいて残りの寿命が計算されます。

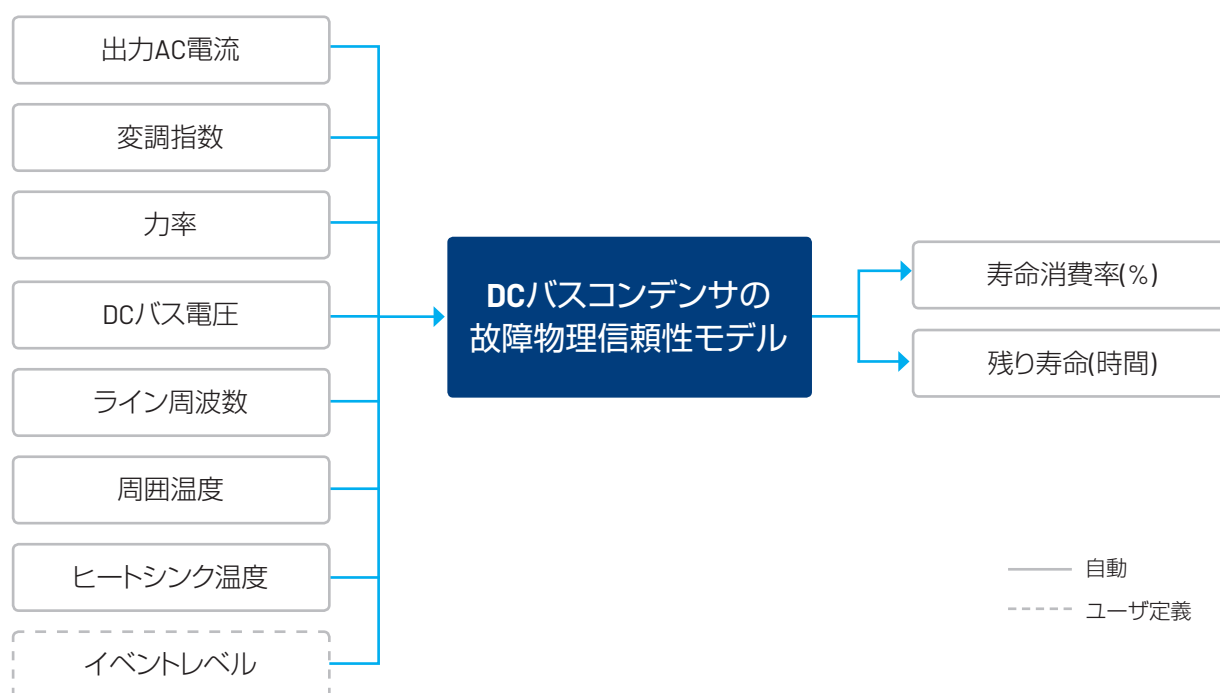


図8 DCバスコンデンサの予知保全モデルの図



## コンタクタとスイッチ

メイン・サーキット・ブレーカ、プリチャージコンタクタ、およびモールド・ケース・スイッチの寿命モデルはすべて、図9で示されるように無負荷切断動作の実際の数に基づいています。動作するたびに、全体から寿命が消費されます。寿命消費率を使用して、コンタクタとスイッチの残り寿命を推定します。経過した残りの寿命の計算は毎分更新され、ユーザが定義したイベントレベルに基づいて残りの寿命が計算されます。



図9 コンタクタとスイッチの予知保全モデルの図

## ラインコンデンサ

LCLフィルタ内のラインコンデンサは、コンデンサの温度の影響を最も大きく受けます。製造メーカーによって提供されたデータは、温度を入力として使用する故障物理モデルに合致していました。コンデンサ温度は、幅広いサーマルテスト中に取得したデータを使用して、ロックウェル・オートメーションのエンジニアによって開発されたモデルから正確に計算されます。寿命消費率は、周囲温度が上昇するにつれて増加します。経過した残りの寿命の計算は毎分更新され、ユーザが定義したイベントレベルに基づいて残りの寿命が計算されます。



図10 LCLフィルタのコンデンサの予知保全モデルの図

# 予知保全の使用方法

まず、ファン、コンデンサ、IGBTなどの重要なドライブコンポーネント用の予知保全計画を立てます。この計画では、これらのコンポーネントの残り寿命の予知保全機能をモニタするためのプロセスを定義します。これはローカルまたはリモートで実施できます。データと機能からの通知を使用して、ダウンタイムを最小限に抑えるためにメンテナンスを実施する時期をスケジュールします。計画された時間に予防措置を講じ、予定外のダウンタイムを低減します。

詳細は、『Programming Manual for PowerFlex® Drives with TotalFORCE® Control』(Pub.No. 750-PM100)を参照してください。

## まとめ

予定外のダウンタイムには、非稼働時間のコストだけでなく材料、資本償却、および部品と人員にかかるコストが関与するため、発生すると大きな損害になる場合があります。

この白書でモデルとして示した例は、こうしたコストの重大さを示し、高度な予知保全機能を実装する価値を実証することを意図しています。

高度な予知保全機能は、機器の使用と周囲の環境状態を考慮した高度な故障物理モデルを使用することで、予定外のダウンタイムの防止と機器の全体的な生産性の向上に役立ちます。

これらの高度な予知保全機能は、各PowerFlex 755Tドライブ製品のファームウェアに含まれています。詳細は、『PowerFlex® 755Tドライブソリューション』(Pub.No. 755T-BR001)または<http://www.ab.com/drives>をご覧ください。

Connect with us.    

rockwellautomation.com

expanding human possibility™

AMERICAS: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1) 414.382.2000, Fax: (1) 414.382.4444

EUROPE/MIDDLE EAST/AFRICA: Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgium, Tel: (32) 2 663 0600, Fax: (32) 2 663 0640

ASIA PACIFIC: Rockwell Automation, Level 14, Core F, Cyberport 3, 100 Cyberport Road, Hong Kong, Tel: (852) 2887 4788, Fax: (852) 2508 1846

ロックウェル オートメーション ジャパン株式会社 本社営業部 東京都中央区新川 1-3-17 新川三幸ビル・中部支店

名古屋市中区錦 1-6-5 名古屋錦シティビル・関西支店 大阪市淀川区宮原 4-1-14 住友生命新大阪北ビル・

製品に関するお問い合わせ TEL: 03-3206-2784 (カスタマケア)

PowerFlex、Rockwell Automation、およびTotalFORCEは、Rockwell Automation, Inc.の商標です。  
Rockwell Automationに属さない商標は、それぞれの企業に所有されています。

Publication PFLEX-WP002A-JA-P - August 2019

Copyright © 2019 Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved. Printed in USA.