

モータ振動兆候管理におけるデジタル化技術を用いた改善

Improvements in Motor Vibration Signs Management Using Digitization Technology

七崎 信^{*1} 谷口 新^{*2}
Shin Nanasaki Shin Taniguchi

*1 トヨタL&Fカンパニー 生産技術部 *2 トヨタL&Fカンパニー 製造部

1 はじめに

IoT技術の急速な発展により、生産設備からのデータ収集が容易になった。これにより、従来は得られなかった設備の稼働状況などの情報を入手できるようになり、データ活用による業務効率化が期待されている。同時に、兆候管理技術も進歩し、設備故障や劣化兆候を早期に検出することが可能となった。

本稿では、設備モータに対する振動兆候管理システムを導入したことにより発生した問題に対しデジタル化・データサイエンス技術を用いて業務改善した事例を報告する。

2 システム

2.1 導入

高浜工場での設備モータに対する振動兆候管理システムの選定フローを図1に示す。振動兆候管理システムは、主要ラインへの生産に与える影響によりシステム導入の可否が決定される。また、振動センサの種類は連続運転モータと間欠運転モータで区別され、異なるシステムで管理されている。

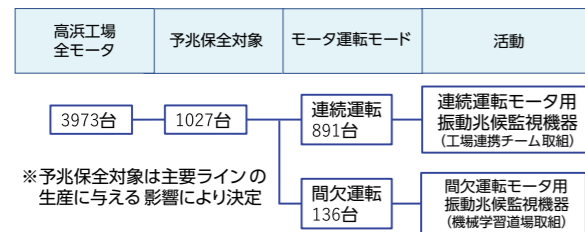


図1 システム選定フロー
Fig.1 System Selection Flow

2.2 導入結果

図2に、兆候管理システムの導入前後における設備モータ故障件数と故障抑止件数を示す。2019年にシステム検証が行われ、その後横展開された。導入後、設備モータの故障件数が減少し、振動兆候管理システムが故障の未然防止に寄与していることが示された。しかし、システム導入後に保全担当者における管理工数増加が問題となり、「全社工場連携チーム」と「機械学習道場」の活動を通じて改善活動を実施した。

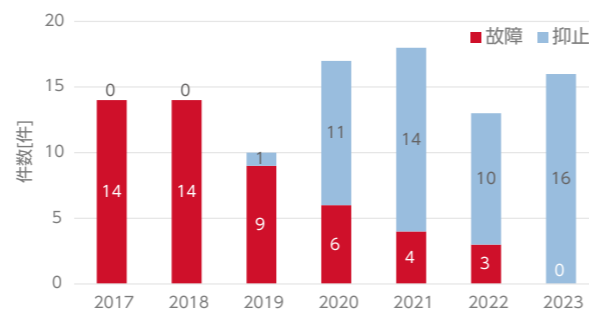


図2 設備モータ故障件数推移
Fig.2 Number of Equipment Motor Failures

3 間欠運転モータの自動収集システム構築

3.1 システム構成

間欠運転モータ用の振動兆候管理システムの構成を図3に示す。振動センサにはK6CM-VB(オムロン(株)製)が採用され、I/O(Input/Output)を介することでPLC(Programmable Logic Controller)のモータ動作信号と同期して振動データの取得ができる。また、コントローラでしきい値を設定することで、設備に異常信号を送ることができる。

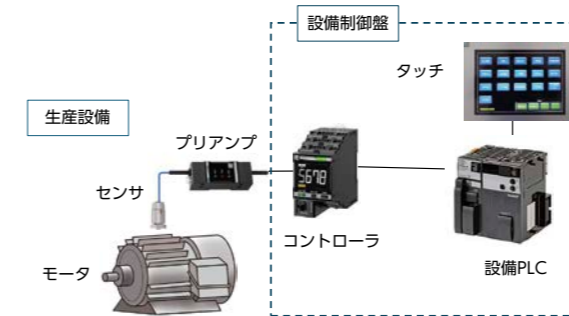


図3 間欠運転モータ 兆候管理システム
Fig.3 Signs Management System

3.2 問題点

本システムは、振動測定データが表示されるコントローラが制御盤内に配置され、保全担当者が各設備を巡回しExcelに転記する仕組みである。そのため、データ取得のための歩行、Excelへの転記により、作業ロスが年間234時間発生していた。また、機種情報の取得ができないため、生産機種による解析ができなかった。

3.3 システム改善

システム課題を解決するため、「全社工場連携チーム」の活動に参加し、データ取得から活用までの一連の流れで改善を実施した。

今回構築したシステムを図4に示す。センサデータを自動収集するために6GHz帯の無線機WSシリーズ((株)キーエンス製)を導入した。無線機を導入することでインフラ構築に対するリードタイムと費用を低減した。また、無線帯域を6GHz帯にすることで現行設備に使われている無線干渉を未然防止した。

測定データを情報収集盤に送信することで生産設備を介さないデータ転送を実現した。これにより、データ転送回数を最小限にし、システム構築費を大幅に低減した。また、情報収集盤にはライン全体の機種情報が集約されており、センサデータと同時にデータ転送することで要因解析をできるようにした。

設備情報収集盤からGAUDIと呼ばれる社内システム兼サーバにデータ転送することでPowerBI Serviceを通じてデータ参照できる構成とした。

PowerBI ServiceとSharepointを結びつけることで直接DB参照をできないシステムでも、アウトプットしたCSVデータを取り込めるようにし、ユーザ側のシステム拡張性を確保した。

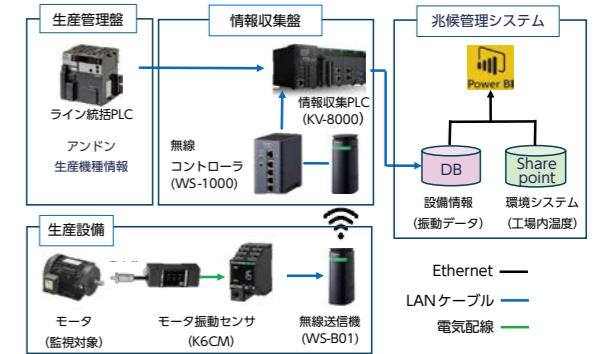


図4 データ自動収集システム
Fig.4 Automatic Data Acquisition System

3.4 アプリケーション構築

構築したアプリケーション画面を図5に示す。画面左側には、スライサー機能を用いて、解析期間、対象設備、機種情報のフィルタをできるように構成した。図5の右側上段のグラフは振動測定値、右側下段にはモータの接触温度を可視化している。

PowerBI Serviceを用いたことにより、測定データの可視化が自動化され、スライサーを用いることで直感的な解析が可能となった。これにより、保全課5組で検証した結果、データ取得工数を70時間/年から0時間/年に改善することができた(図6)。



図5 PowerBI Serviceを用いた可視化画面
Fig.5 Visualization with PowerBI Service

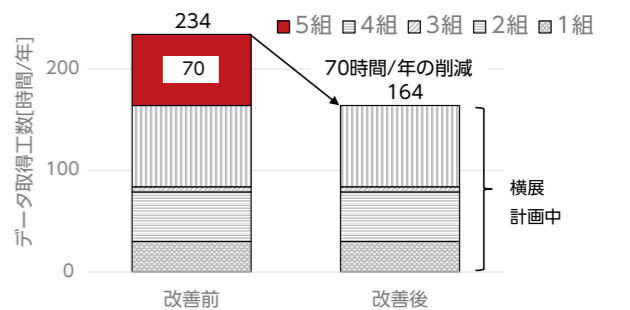


図6 工数低減結果
Fig.6 Labor cost reduction results

4 連続運転モータ用兆候管理システムの変化点検知

4.1 業務フロー

図7に連続運転モータの振動兆候管理システムの業務フローを示す。システム方式は簡易診断および精密診断の2段階方式が採用されている。簡易診断で異常警報が発生すると保全担当者は対象のモータおよびセンサ状態の確認をする。そこで、劣化と推定されるものに対し精密診断を実施する。診断実施後はExcelにデータ記入をして情報共有をする。

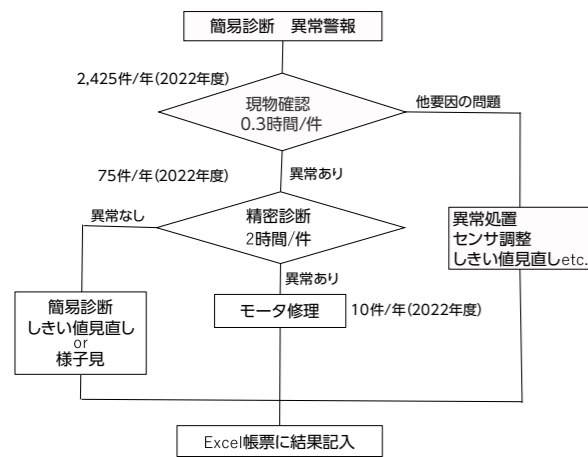


図7 業務フロー
Fig.7 Workflow

4.2 異常検知アルゴリズム

図8(a, b)に異常検知アルゴリズムを示す。モータの各軸の振動値に対し、しきい値を設定できる。しきい値は下側グラフで示すように1週間の振動データを取得しスパイクを除く最大値をしきい値とした(図8a)。また、しきい値には連続超過回数を設定することができ、設定値(標準6回)を連続で超過することで異常警報が発生する(図8b)。

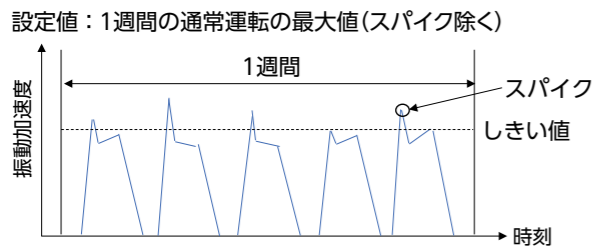


図8a 簡易診断システムのしきい値設定
Fig.8a Setting thresholds for simple diagnostic system

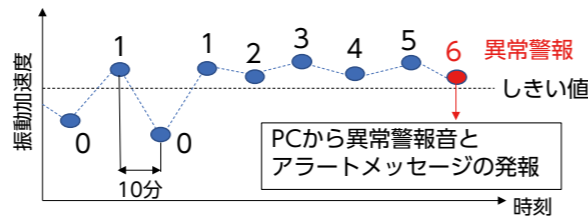


図8b 簡易診断システムのしきい値設定
Fig.8b Setting thresholds for simple diagnostic system

4.3 問題点

図9に簡易診断と精密診断・Excel帳票記入に対する工数の内訳を示す。簡易診断がおよそ7割の工数を占めた。さらに深掘りすると99%以上が誤報による現場確認工数であることが判明した。そこで、簡易診断の異常検知のアルゴリズムを見直し、誤報を低減し現場の対応工数の削減を実施することにした。

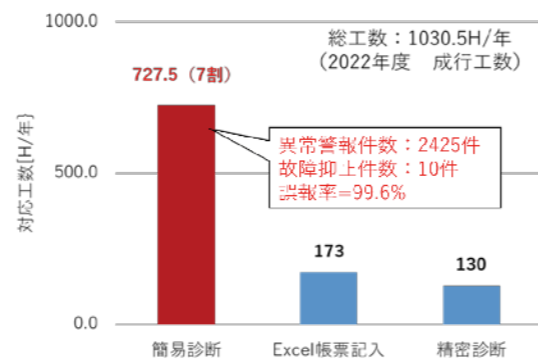


図9 工数内訳
Fig.9 man-hour breakdown

4.4 振動データ可視化

図10(上側)に501工場大物塗装排気ファン振動を時系列にプロットしたグラフを示す。この設備は、2022年7月から振動センサを設置し、2023年9月にモータ故障した設備である。グラフの水平方向の破線は振動値のしきい値を示しており、垂直方向の破線は異常警報が発生した日時である。

データを可視化することで季節性の影響により、誤検知が発生することが判明した。この問題を解消するため、しきい値変更をした。他設備でも同様な問題が発生しているため、それらの影響を加味し、従来のしきい値の1.5倍で運用した。

しきい値変更後の異常警報結果を図10(下側)に示す。この結果より季節性による誤検知低減はできたが、故障領域における嘘つき判定が発生し

た。そのため、本活動では、しきい値変更に伴い発生した、嘘つき判定を解消するために、機械学習手法を用いたシステム改善の検証を実施した。

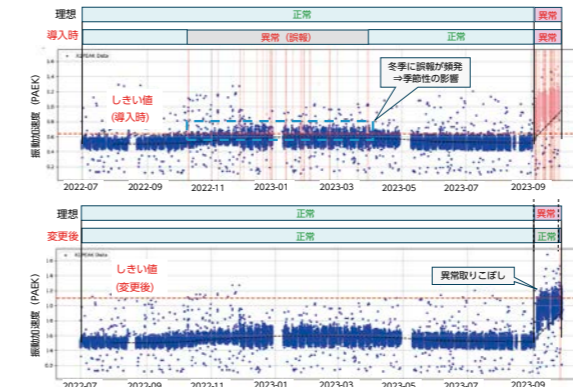


図10 振動値の時系列データ(上側:しきい値変更前 下側:しきい値変更後)
Fig.10 Time series data of vibration values

4.5 検出対象の明確化

今回機械学習手法を検証するために検出対象の明確化をした(図11)。設備故障実績があったデータの可視化をした結果、振動値がステップ状に変化するものが多いことが確認できた。そのため、しきい値内で発生するステップ状の変化に着目し、これを検出するプログラムの作成をした。

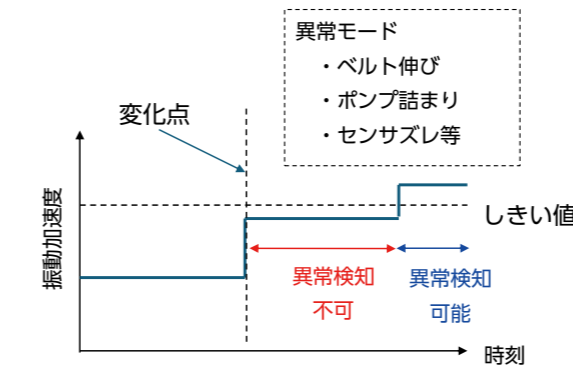


図11 異常検知対象の波形
Fig.11 Abnormality detection target waveform

4.6 検証プログラムの作成

データの前処理には、モータの非稼働状態を除外するため、固定値以下のデータを削除した。また、定常状態での振動値はデータのばらつきが大きいため、1日ごとの平均値とした。

またステップ状の振動の変化点を検知するため、機械学習に分類される変化点検知を採用した。変化点検知には「Changefinder(時系列データに対するオンライン変化点検出アルゴリズム)」のラ

イブラリを活用し、プログラムの作成をした。

4.7 変化点検知による異常検知

図12に501工場大物塗装排気ファンの振動データに前処理と変化点検知を適用した結果を示す。前処理を施すことにより、データのばらつきを低減し、データの変化点を大きくとらえることができた。また、変化点検知を適用した結果、急激に振動変化した部分のみ高い異常スコアを得ることができた。これにより、しきい値ベースの背反を補間することができ、誤報削減および精度の高い異常検知ができることが示唆された。

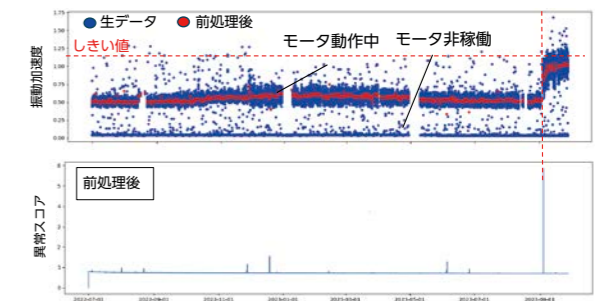


図12 変化点検知の異常スコア
Fig.12 Anomaly score for change point detection

5 まとめ

今回、設備モータの振動兆候管理システムの業務改善を全社活動を通じて実施した。近年、さまざまな技術が発展していった一方、技術者に求められる範囲も広がるため、効率的に業務改善を進めるためには、さまざまな部門との連携が必須になる。また運用の問題点を最小限に抑えるためには、システム開発の初期段階から開発者、導入者、運用担当者、管理者が一丸となって取り組む必要がある。

■著者紹介■



七崎 信

谷口 新