

振動測定による設備の予知保全技術の報告

ネットワーク型予知保全システムの紹介

1. はじめに

生産工場などにおける設備や機器の保守保全のあり方が、定期や定時で保全を行う予防保全や、故障もしくは生産能力の低下や不良品が発生した後にメンテナンスと修繕を行う事後保全から、故障の兆候を事前に検知して適切なタイミングで修理やメンテナンスを行う「予知保全」へとシフトが進んできている。当社においても、これまでにタブレット型の異常振動検知システムの開発¹⁾を行ってきた。巡回式で保全活動をする現場において、その場で保全対象の振動状態をセンサーにより計測して解析を行い、状態の時系列的変化をチャートと数値で確認して、異常の際にはその度合いに応じた表示により予知保全を計画的に実施できるシステムである。いわゆるポータブル式の予知保全システムであるが、市場ではセンシングとIoT技術の進歩によりネットワークを介してサーバーやクラウドにデータを蓄積して解析するモデルによるサービスが広く始まっている。ネットワーク先の遠隔から状態確認と予知保全が可能となるものであるが、実際のお客さまの現場においては、多様な事情により、センシングデータを外部のネットワーク先やクラウドにアップすることが出来ない、または許されていない場合も多いという現実がある。そういった現場においても、ローカルのネットワークを使って予知保全の導入を進めていくことができるシステムの開発を行った。

本報では、ネットワーク型予知保全システムの紹介と搭載している予知保全技術を紹介する。

2. 予知保全システムの概要

2-1) システムの構成

ネットワーク型予知保全システムの運用時の模式図をFigure1に示す。基本的な構成は、「振動センサー」と「センサーユニット」、「予知保全解析プログラム」(PCにインストールして使用する)である。センサーとユニットは付属のローノイズケーブルで接続する。ユニットとプログラム(PC)は、LANネットワークを用いて接続する。LANは既設のネットワークを利用することも可能である。基本構成だけで運用を開始することができて、取り扱い性の良い構成としている。なお、スイッチングハブを用いて、センサーユニットの台数を増やすことで、保全対象やセンシングポイントを増やしたり、ネットワーク先から別PCにてWEB画面を通して状態を確認したり、保全対象の異常度に応じたアラートをメールで受ける(メールサーバーは必要となる)ことも可能となる。

2-2) 構成要素

以下に、構成要素3点を紹介する。

2-2-1) 有機圧電型振動センサー

振動センサーには、有機圧電素子²⁾を用いた薄型・小型軽量で、レトロフィットによる後付けも容易な振動センサーの開発を行った。相手面に張り付けて固定するが、柔軟性があるため、少しの曲面であれば固定が可能であり、専用のマグネッ

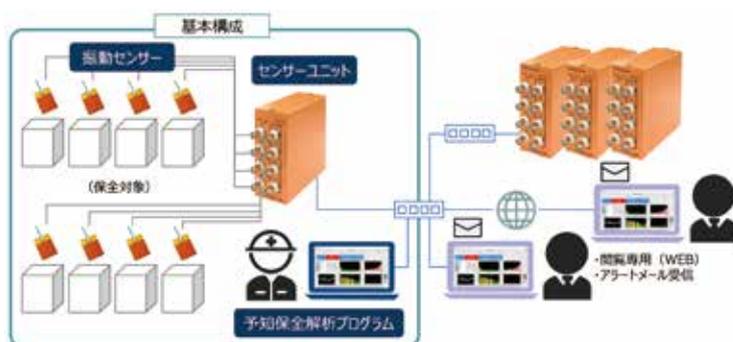


Figure1 予知保全システムの模式図

ト式ブラケットを用いれば磁力による固定も可能となる (Figure2)。

2-2-2) センサユニット

1ユニットに8chの入力を備え、全入力にチャージアンプを内蔵しているため、電荷出力型のセンサーがそのまま接続可能である。そのため、前述の有機圧電型振動センサー以外にも、市販の振動・加速度センサーも使用可能である。ユニットにおいて、センサー信号がデジタル変換され、LAN端子からネットワークを通じて解析側のPCに伝送される。LAN接続により、ユニットの分散配置も可能であり、多点センシングの環境構築に柔軟に、またコストを抑えて実施することが可能である (Figure3)。

Maintenance, Danger の状態に変化するたび)には保全担当者にアラートメールの配信が可能である。

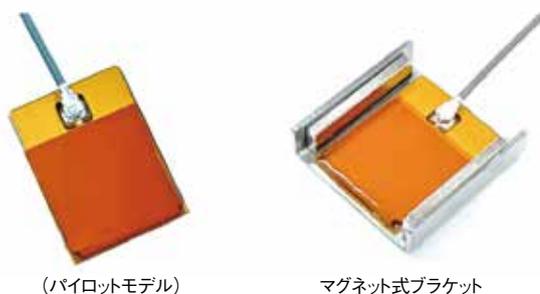


Figure2 有機圧電型振動センサー

2-2-3) 予知保全解析プログラム

振動のセンシングデータからオクターブ解析をし、そのデータから「MT法 (異常度解析)」と「トレンド分析 (状態解析)」をすることで予知保全を行う。画面のダッシュボードにて、計測ポイント毎に「時間波形」「FFT解析」「オクターブ解析」「MT法」「トレンド分析」が確認出来る (Figure4)。

また、環境からのバックグラウンド振動を外乱信号として除去するため、データを差分する機能 (Figure5) を持ち、保全対象の現状確認については、しきい値に対応した状態表示とアラートレベルが画面に表示され、異常時 (Caution, Maintenance, Danger の状態に変化するたび)には保全担当者にアラートメールの配信が可能である。



Figure3 センサーユニット

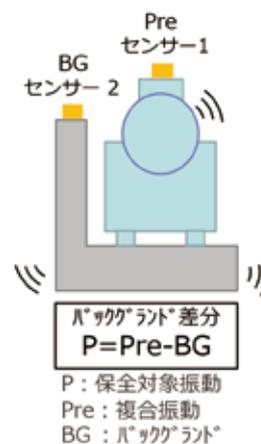


Figure5 バックグラウンド振動の除去

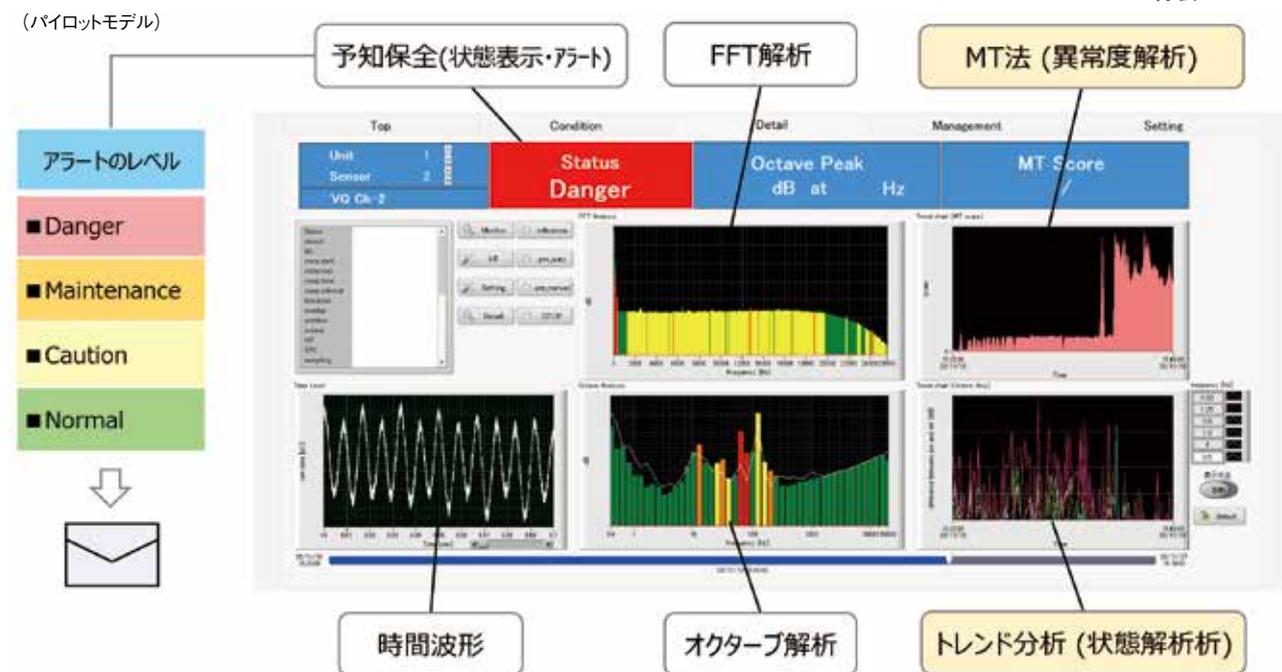


Figure4 予知保全解析プログラム

3. 予知保全の手法

保全対象の振動状態の変化から予知保全を行うため、保全対象の振動の状態変化をセンシングデータから捉える必要がある。本システムにおいては、振動データをオクターブ解析したものをを用いている。振動解析で広く使われるFFT解析のデータ量と比べて非常にコンパクトとなり、後述するトレンド分析とMT法で解析するのに適していることから採用している。

3-1)トレンド分析(状態解析)

保全対象の正常(定常)稼働時の振動データをリファレンスとして初期計測を行い、その後の振動計測データとの差分値を用いて、どれくらい振動強度が変化/相違したかトレンドチャートを描画しながら、しきい値と比較して予兆を捉える方法である。絶対的な変化よりも相対変化に注目して分析するのがトレンド分析の特徴であり、このような振動の状態解析により異常の予兆を捉える。分析に使用する周波数は、オクターブ解析のデータから振動強度の変化が大きいTop5+1(1つは任意で選択可能)が自動選択される。あるいは、全て手動で選択することも可能である(Figure6)。

3-2) MT法(異常度解析)

MT(マハラノビス・タグチ)法³⁾は、マハラノビス距離に基づいて、正常と異常の判断をすることを目的としたパターン認識手法である。各種の判定に広く使用されており、シンプルでありながら異常度の検知が容易に出来るため、上述のトレンド分析とともに、予知保全解析プログラムに取り入れている(Figure7)。

保全対象が正常(定常状態)に稼働しているときの振動データから単位空間を作成し、その後の振動をデータ空間としてマハラノビス距離(MT score)を算出していくことで、異常度を捉えるものであるが、データを前処理して解析の次元数を調整することで、異常度を示すMT scoreの出現時期を変えることが出来る点を見出した。予知保全解析プログラムには、この次元数を調整する機能を搭載しており、MT scoreによる異常の予兆を保全対象の故障前の間際、もしくは時間的余裕を持って検知出来るようになるため、お客様の保全活動のスタイルに合わせて有効に使用していただける機能となる(Figure8)。

以上の「トレンド分析」と「MT法」の解析手法を本システムに搭載して、同時に解析を行っている。振動状態の変化と異

常度を数値的に捉えることで、予知保全の確度を高めている。

4. 使用機会と事前検証活動

本予知保全システムで想定している保全対象は、ポンプやモータ、機関などと言った、振動により状態センシングが可能なものである。しかしながら、実際にお客さまの現場において、本当に保全対象の予知保全が可能な対象かどうかの事前検証は非常に重要となるため、導入を検討されているお客さまのご協力を得ながら、事前に試用計測をさせていただき、予知保全の可否と導入後の費用対効果も併せて検討をお願いしている。

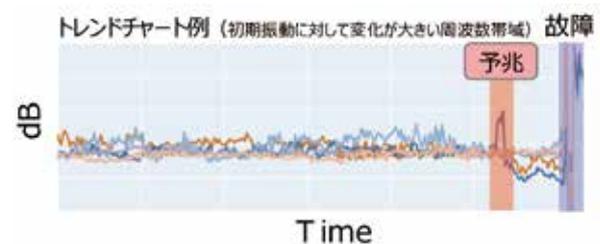


Figure6 トレンド分析の概要

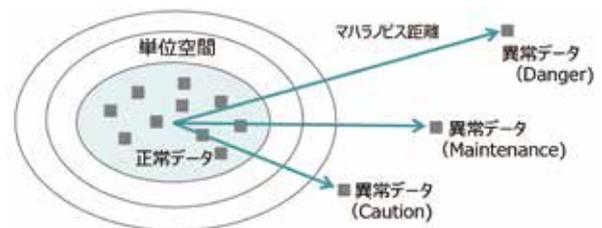


Figure7 MT法の概要

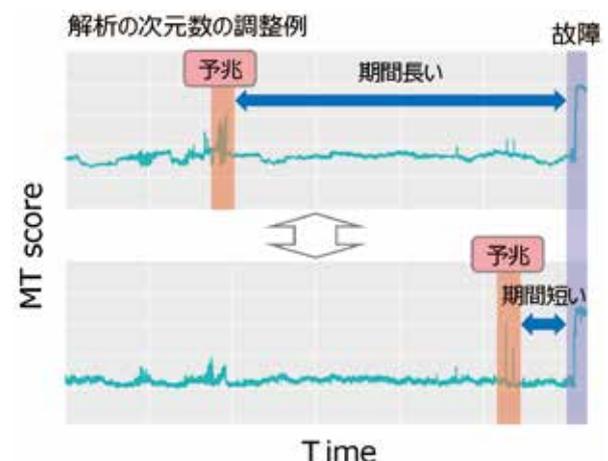


Figure8 解析次元の調整と予兆時期の概要

5. 仕様

有機圧電型振動センサーの仕様をTable1、センサーユニットの仕様をTable2、予知保全解析プログラムの仕様をTable3に示す。実際の使用にあたっては、ユニット数とセンシング数によって、予知保全解析プログラムの実用的な計測設定とPC台数なども決まるため、データ収集の頻度とセンシング規模について、お客さまとの確認と計画が必要となる。

*仕様値はパイロットモデルのデータのため、製品と異なる場合がある。

Table1 有機圧電型振動センサーの概略仕様

素子	有機圧電素子、厚み0.1mm	(参考値)
感度	0.1pc/m/s ²	(参考値)
周波数範囲	0.4～10,000 Hz	(参考値)
外形寸法	24×20×0.5mm	(参考値)
ケーブル	ローノイズタイプ 3m、延長可	(参考値)
重量	本体1g程度	(参考値)

Table2 センサーユニットの概略仕様

入力	8ch、チャージアンプ内蔵
A/D変換	24bit、8ch同時サンプリング
サンプリング周波数	51.2kHz
入力周波数範囲	0.16Hz～20kHz
通信プロトコル	UDP/IP
イーサネット	1ch、10/100/1000Mbps、RJ45コネクタ
トリガー入力	フォトブラ(電流供給の外部電源24V必要)
電源	DC24V
寸法、質量	W:52×H:126×D:128mm、450g程度
使用環境	0-55℃、95%RH以下(結露なき事)

Table3 予知保全解析プログラムの概略仕様

解析機能	FFT解析、 オクターブ解析(1/1、1/3、1/6、1/12、1/24)
予知保全機能	トレンド分析(状態解析)、MT法(異常度解析) しきい値によるアラート表示とメール配信
その他機能	バックグラウンド信号の除去、トリガーによる計測、 WEBブラウザによるリモートパネル接続
解析データの保存容量	[例] 約160GB/年 8ch、1/3オクターブ解析、10分毎計測の設定 ※時間波形データの保存をしない場合
動作環境	Windows10、Intel Core i5相当以上
接続ユニット	バルカー製センサーユニット 及び NI9234 (National Instruments)が接続可 ※接続台数は計測設定とネットワーク環境によるため 事前の計画が必要

6. おわりに

今回紹介した「ネットワーク型予知保全システム」は、すぐにも製造現場で使い始めることが出来るシステムをコンセプトとして開発したものであり、導入検討の指標として検討いただけると幸いです。なお、本システムは、当社におけるValqua Predictive Maintenance Systemのラインアップの一つとなるものであり、今後も各種産業の生産現場における保守保全に貢献していきたいと考える。

7. 参考文献

- 1) 羽根田 誠(商船三井テクノトレード株式会社), 佐藤 央隆, 米田 哲也, 油谷 康:バルカー技術誌, No.36, 3-6 (2019)
- 2) 田實 佳郎, 米田 哲也:バルカー技術誌, No.26, 12-17 (2014)
- 3) 鈴木 真人,“独習 信号処理”, 秀和システム, (2017)



佐藤 央隆
研究開発本部
先行技術開発部 新領域開発チーム