

## 第 8 回 スマート保安プロモーション委員会 議事要旨

1. 日 時： 令和 4 年 9 月 26 日(月) 10:00～12:00
2. 場 所： NITE 本所 + オンライン会議(Teams)
3. 出席者：
  - (常任委員)中垣委員長、飯田委員、伊藤委員、高野委員、山出委員
  - (専門委員)逆水委員
  - (オブザーバー) 経済産業省 相田様、他
  - (説明人) A 社 2 名
  - (事務局)独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)
    - 国際評価技術本部 菊島本部長、石毛次長、田中参事官、他

### 4. 議 題

議題 1: 第 4 号案件(基礎要素技術)の妥当性評価について

### 5. 配付資料

- 資料 1: スマート保安プロモーション委員会 委員名簿
- 資料 2: 第 4 号案件(基礎要素技術)概要資料
- 資料 3: 第 4 号案件(基礎要素技術)詳細資料
- 資料 4: 第 4 号案件 (基礎要素技術)決議案
- 参考資料 1: 第 8 回 スマート保安プロモーション委員会 出席者名簿
- 参考資料 2: 技術説明書 1
- 参考資料 3: 技術説明書 2
- 参考資料 4: 技術説明書 3

### 6. 議事概要

議題 1: 第 4 号案件(基礎要素技術)の妥当性評価について

事務局及び説明人が資料 2 及び資料 3 に基づいて説明を行い、質疑応答を行った。

<説明人による説明の概要>

- 今回提案する基礎要素技術について説明があった。
- 振動での管理については、変位、速度、加速度で管理する手法があり、10 Hz 程度までの振動に対しては変位で、1 kHz 程度までの振動に対しては速度で、1 kHz 以上の振動は、加速度で測定するのが一般的である。変位と速度の振動管理手法については、JIS・ISO 規格があるが、加速度は振動管理のガイドラインがない。
- ポンプが正常に動いている状態から焼き付くまでの振動について、変位、速度、加速度を測定した実験では、加速度が最も早く故障の予兆をとらえることができるという結果だった。
- 既存の振動管理手法として、回転機械に聴診棒を当て、音の変化を捉えて機械の調子を判

断する方法と、振動計を用いて、定期的に振動を測定する方法、振動センサから取得した振動トレンドデータを閾値で管理する方法がある。振動センサを用いた管理方法については、振動の大きさを見るだけでは原因の推定が難しい。インバータ装置を使って運用するとインバータノイズが振動に現れ、正常時でも大きな振動値が出てしまう。負荷変動で振動の大きさが変化するので、閾値だけの管理では正しく検出できないなどの課題がある。また他社の既存システムでは、振動周波数は 2 kHz～3 kHz 程度までしか測定できない。

- A 社の提案手法では、10 kHz までの周波数を時系列で蓄積し、グラフにプロットすることで、機械の変化を視覚的にとらえることができる。また、そのグラフの形状から、異常の原因推定も可能である。
- システム構成として、センサは振動と温度のデータを、1 時間おきに取得し蓄積する。データは、Bluetooth 通信を使ってモバイル端末、又は常設したゲートウェイで収集する。収集したデータは自動的にクラウドに上がるようになっており、クラウドに上がったデータは、ブラウザ経由で遠隔地からいつでも閲覧できる。
- WEB 画面では、機械の状態(正常・注意・異常)の一覧、振動加速度・速度・温度のトレンド管理、振動スペクトルを時系列的に並べた分析画面などを表示できる。分析画面では、異常傾向の確認や、原因推定を行える。
- データを収集した時、もしくは異常が発生した時には、自動的にシステムから定期レポート、や異常メールを送信させることができる(レポート機能)。
- A 社の振動センサの仕様として、周波数の測定範囲は 8 Hz～10 kHz で、Z 軸方向の振動の速度と加速度、温度を定期的に測定し、センサ内部に保存する。電池の寿命は動作モードによるが最大 3 年、動作温度は周囲温度で-20～60 °C、設置する機械の表面温度で-20～85 °Cとなっている。電池は交換可能で、専用電池を購入すれば交換できる。また、防水式であり、屋外でも使える。
- A 社のシステムの特徴について説明があった。振動センサは後付け設置可能で、また電池で動くために配線工事が不要であり、簡単に使うことができる。10 kHz まで測定できるのも特徴の一つであり、ベアリングの初期の傷など、異常の兆候を初期に発見できる。また、振動スペクトルを時系列に蓄積したグラフの形状から、機械の異常原因をある程度推定できる。
- 運用イメージとして、測定している振動データが閾値を超えないか(閾値管理)、振動スペクトルの時系列データに変化がないか(FFT 変化管理)をシステムで自動判断しており、変化があれば変化通知メールが、また設定した日程で定期レポートメールがユーザに届くようになっている。
- A 社システムの導入費用について説明があった。
- 異常検知の事例として、「インバータ駆動モータでの軸受傷」、「ベアリングの潤滑不良、初期傷、外輪クリープ」、「ポンプの過少流量や吐出し部詰まりによる脈動」の事例が紹介された。また、特定可能な故障要因と今後収集したい事例について説明があった。
- 実際にシステムで異常検出した事例について、ユーザにヒアリングした結果の説明があっ

た。

<主な質疑応答>

- これまで熟練者が調べて判断していたところに今回のシステムを使うことで、精度はどう変化するのか。
  - 精度の違いは検証できていない。ユーザからは、検出事例については聞いているが、熟練者が見つけられなかったがセンサで見つけた事例については質問しておらず、確認が取れていない。
- 閾値はどのように決定するのか。例えば、ベアリングの外輪クリープのところは、メンテナンス前後で数値を調べて、新しく閾値を設定するのか。
  - センサのつき具合、運転の状態や負荷の状態、また設置環境の影響等もあり、どこの工場でもこの絶対値でいけるという閾値は基本的には存在しないと思うので、閾値の設定は基本的にユーザに任せている。
- 振動スペクトルの異常判定はどのように行われるのか。機械学習等々で判定するのか。
  - 基本的にはFFTの形状について、一本目のFFTを基準として、独自アルゴリズムで算出し、ある程度までずれが生ずると、異常と判定する。どの辺りの周波数帯で変化が大きいかも見て、原因推定を行っている。
- 今回提案されているセンサと分析技術だと、見られる事象の範囲が限られるのではないかと思う。どれくらいの周波数、大きさの軸受の異常振動を見つけられるのか。
  - 大きく分けて二つの事象を見ている。一つは、末期の状態のガッタンガッタンする現象。これは回転周波数の成分が主なので、我々のセンサで低周波数は8 Hz までしか取れない。そのため480 rpm よりも低い回転数になるとアンバランスやミスアライメントなどの主成分はとれなくなる。ただし2次成分3次成分は見る事ができる。
  - 2次成分や3次成分だと、見つけられる事象の信頼性が若干変わるのではないか。
  - 我々のセンサはそもそも一軸で測定しており、3方向で測っていないため、例えば、単純なアンバランス、ミスアライメント等の切り分けはあまり得意ではないが、異常があることは検出できる。我々としては、1次成分がメインで出るぐらいまでベアリングが削れている状態では、いつ焼き付くかわからず、寿命の予測はできないと思っている。なので、我々は、1か月前、2か月前のもっと早い段階で、6 kHz とか 8 kHz とかの、微小な傷が発生した時に検出することを目指している。
- 保安業務として見たときに、どのような役割を担われるのか。アラートは出すが、そのアラートの信頼性と補償の話になったとき、事業者がどこまで有効性を認識されるのか、その辺はどうか。
  - 我々が認識している範囲だと、FFT グラフでこんもりした山が上がるケース、ベアリングの初期の傷は、潤滑さえキープしていれば、1~2年この状態のまま保つので、グラフでこんもり山が現れたらグリスを注して潤滑をするという運用をしているお客様もいる。給脂するタイミン

グが難しく、必要以上にやっているお客様から、この情報を見て間隔を伸ばす取り組みをやるかと話をいただいている。

- 前提条件を確認したいのだが、異常の種類と周波数スペクトル波形の間に関係があるということは、すでに明らかになっているのか。明らかでない場合、波形から故障事例を判別するというのは、具体的にどうやるのか。

→原因のいくつかは分かるが、全てが分かるわけではない。我々の強みは、時系列でデータをとりにためて、形が変わった時に、何らかの部品の音が鳴り始めたというを見つけること。高周波はいろんなところでスペクトルが立つが、どの部品から出ている音かを特定するのは難しい。

- データ内容の確認・分析というのは、誰がどのようにされるのか。ユーザだと、事例を蓄積していけないと分析のしようがないのではないのか。

→ユーザが行う。分析は実際難しいと思うが、変化検出時に自動で送信される通知メールの中に、機械的に生成したアドバイスが入っている。

- 見逃し件数が6件というのはい多いのか、少ないのかを教えてください。

→見逃しの6件は、基本的には設置直後に故障が発生した事例。例えばシャフトが折れたとかインペラが割れたとか、半年前からつけていれば、FFTに変化は出たと思う。

- モバイル端末を使ってデータ収集をされるユーザについて、ユーザはそのデータを収集するためだけにモバイル端末を使っているのか。何らかの異常を検知した時に、そこで警報が発信、提示されるといったことはあるのか。

→モバイル端末は、基本的にはiPhoneもしくはiPad、iOSで動く端末である。会社支給の携帯電話がiPhoneの場合、端末にアプリを入れておけば、勝手にデータが集められる。このシステムのために、1台だけiPhoneを購入される場合もある。データ収集の際に画面を開いている場合、振動が大きいという警報はその場が出るが、FFTの形が変わったかは一度サーバーまで送らないと判断できないので、メールがくるまではわからない。

- 交換用の電池を専用電池にしている意味はあるのか。

→機械の振動で接点が切れてしまうのを避けるため、電池からケーブルが出て、コネクタで本体と接続するような設計になっている。

- 今まで設置事例で、推奨の方法と違う方法で設置されて、データがうまく取れなかった等の設置に関する不具合はあるか。

→我々は高周波が取れなくなるので推奨はしてないが、勝手に磁石で付けているお客様がいた。異常が挙がってこないとコンタクトしてないので、見逃しがあつたかどうかはわからない。

- 他社でポンプの回転機能のトラブルがあると、結局はそのトラブルが今度は自社ではないところのノウハウになると思う。知的財産も絡んでくると思うがその辺りはどうとらえてデータ管理されているのか。

→測定したデータそのものは、知的財産や所有権は発生しないと伺っている。

ユーザが所有しているデータを、例えば回転機製造メーカーに提供することも可能か。

→可能である。

- FFT 測定の間隔は 1 日 1 回とのことだが、お客様から、もう少しデータが欲しいというニーズはあるか。

→調子が悪くなった機械を、重点的に見たい(例:10 分間隔で FFT が取りたい)というお客様は時々いる。その場でスマホを操作して、データをすぐ測定することは可能だが、10 分間隔で FFT を自動的に取る機能はない。

- 測定タイミングは、センサの方で変えられるのか。

→基本的には電池を入れて、電源入れた時を基準にしてそこから毎日測定する。測定したい時間が決まっていれば、そのタイミングでリセットをかけることもできる。また、夜しか動かない、3 時間おきにしか動かないといった機械の場合は、起動を検知する機能があり、振動の加速度の RMS が一定以上になったときだけ FFT を取るようになっている。

- 受信機の対応は 1 対 1 か。

→据え置き型のアンテナだとセンサ 50 台まで。スマホの場合はスマホのメモリが許す限り、センサ 200 台ぐらいまで行った実績はある。

→設置場所によって、うまく受信機でとらえられないことがあると思うが、送信側は再送する機能を持っているのか。

→再送する機能を持っており、何度もトライする。例えば、大きいインバータのすぐ隣で使うと、通信が終わらないケースがある。

→電池がなくなる可能性もあるので、エラーを発生させて知らせに行くとか、そういう機能はあるか。

→今のところはない。

- センサ側はどの程度データを蓄積しておけるのか。

→実効値(振動の大きさ)については、1 時間ごと、24 時間の 40 日分ある。なので、40 日に一回巡回すれば、振動の大きさのトレンドグラフは途切れなくダウンロードできる。FFT の方は、メモリがセンサの中に 1 回分しかないので、毎日上書きされてしまい、巡回した時の 1 回だけが取れる。

- センサの設置をねじ込みかパテでするのかで、周波数のスペクトルが変わらないのか。

→我々の加振器で実験し、10 kHz までほぼ同じようなデータがとれることを確認している。パテは機械加工できるぐらいかたいパテで、台座の裏側に 3 点突起がついており、金属同士が接触した状態で固定されるようになっている。

説明人が退席し、事務局が資料 4 に基づいて決議案を説明した。委員による決議を行い、常任委員全員一致で承認された。

以上