



中野 勇大 * Yudai NAKANO
長谷場 隆 * Takashi HASEBA

スマート工場実現に向けた取り組みの例として、IoTを活用した状態監視がある。転がり軸受は生産設備の回転を支持する目的で使用されている。転がり軸受の状態監視は軸受の損傷による計画外の設備停止を防ぐために重要である。NTNでは、振動データを利用した、生産設備用の「軸受診断エッジアプリケーション」を産業用IoTプラットフォーム向けに開発した。本稿では、開発した「軸受診断エッジアプリケーション」の特長と生産現場へ適用した例を紹介する。

In efforts to realize a smart factory, IoT-based condition monitoring systems are attracting attention in recent years. Rolling bearings are used to support the rotation of production equipment. We need to monitor bearing conditions to prevent unplanned downtime due to bearing damage. NTN has developed a bearing diagnostic edge application for industrial IoT platforms to monitor bearing conditions using vibration data. In this article, we introduce the features and application examples of the bearing diagnostic edge application.

1. はじめに

生産設備における省人化や生産性の向上を背景に、生産設備の予知保全へのニーズが高まっており、従来から実施されている時間基準保全（Time Based Maintenance）から状態基準保全（Condition Based Maintenance）への移行が望まれている¹⁾。

生産現場では、生産性の向上を図るために、設備停止によって発生するダウンタイムを最小化することが求められている。そのためには、設備の劣化、故障といった状態を定量的に把握して、発生した異常を早期に検知し、メンテナンスに繋げる監視技術の適用が必要である。

これを実現するための方法のひとつとして、産業用IoT（Internet of Things）プラットフォームを活用した生産設備の状態監視がある。

NTNでは、振動データを利用した、生産設備用の軸受診断エッジアプリケーションを産業用IoTプラットフォーム向けに開発した。本稿では、そのエッジアプリケーションの特長と生産現場へ適用した例を紹介する。

2. 生産現場における状態監視

2.1 産業用IoTプラットフォーム

産業用IoTプラットフォームとは、産業分野におけるIoTのシステム基盤のことを指す。製造業では、生産現場の様々な設備をネットワークで繋ぎ、生産プロセスを監視、制御することで、各工程の生産性を向上させることができる。

図1に産業用IoTプラットフォームの概念図を示す。この概念図は生産現場に対して、産業用IoTプラットフォーム、エッジアプリケーション、ITシステムが連携する様子を示している。

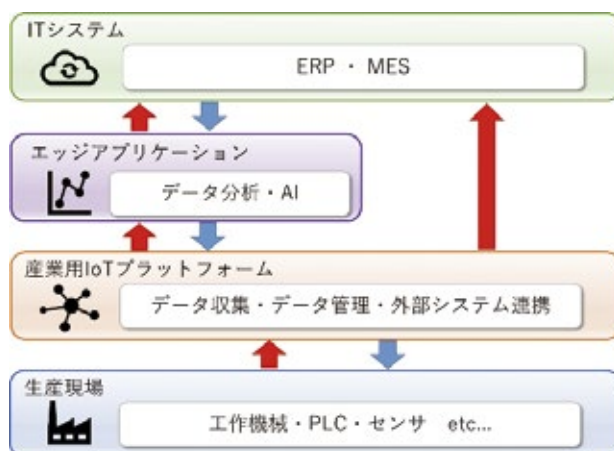


図1 産業用IoTプラットフォーム概念図

* 産業機械事業本部 ロボティクス・センシング技術部

産業用IoTプラットフォームは、生産現場の設備と接続して、設備稼働データを収集する。エッジアプリケーションは、産業用IoTプラットフォームから収集データを受け取って分析する。ここで処理された分析結果は、生産現場の設備や上位のITシステムに送信される。ITシステムは、生産現場における各種情報を総合的に管理する役割を担うもので、統合基幹業務システムERP(Enterprise Resources Planning)や製造実行システムMES(Manufacturing Execution System)などを指す。

この産業用IoTプラットフォームを活用することで、生産設備の稼働監視や状態監視など生産現場の見える化や管理業務が効率化される。

2.2 軸受の状態監視

軸受は、高精度・高品質な精密機械部品であり、機械の回転を支持する目的で様々な設備に組み込まれて使用されている。

軸受到損傷が生じると、点検・修理等のために設備を停止しなければならず、生産性が下がる。そのため、軸受の状態を監視し、適切なタイミングで保全作業を行うことが重要である。

軸受の状態監視には、振動データを利用して、軸受を診断する振動法が用いられることが多い²⁾。振動法による軸受診断の種類は、表1に示すように、簡易診断と精密診断の2種類に分けることができる。

表1 軸受診断の種類

種類	診断方法
簡易診断	<ul style="list-style-type: none"> 絶対値判定 (基準・規格値に沿って評価) 同種比較 (同じ設備・装置を同条件で比較して評価) 傾向管理 (継続的な傾向観察により、異常を判断)
精密診断	<ul style="list-style-type: none"> 周波数分析(FFT等)にて、軸受の損傷部位・損傷程度を推定 ※軸受諸元情報が必要

簡易診断では、経時的な状態変化や健全な状態からの逸脱度を監視する。あらかじめ決められた基準・規格に沿った絶対値判定や、同じ設備・装置を比較する同種比較、継続的な観察を行う傾向管理などの方法がある。簡易診断によって軸受の状態を適切に把握し、診断結果に基づいて設備の保全計画を立てることで、軸受の損傷による計画外の設備停止等を防ぐことができる。

一方、精密診断は簡易診断の結果を踏まえて、さらなる分析が必要とされた場合に行われる。FFT(Fast Fourier

Transform)などを用いた振動スペクトルの分析により、軸受の損傷部位や損傷の程度を推定する。ただし、スペクトルと損傷部位との関係を分析するには、転動体軌道の直径、転動体直径、転動体個数、接触角などの軸受諸元や、軸回転速度の情報が必要になる。

3. 軸受診断エッジアプリケーション

当社は軸受メーカーとして、長年培ってきた軸受損傷に関する知見やセンシング技術、診断技術を活用して、風力発電装置用状態監視システム(CMS)を開発し、「Wind Doctor®」³⁾として販売している。現在、国内250基以上の風力発電装置で同システムによる状態監視サービスを提供している。この技術を応用して、産業用IoTプラットフォームのひとつであるEdgecross⁴⁾のリアルタイム処理機能を活用した軸受診断エッジアプリケーション(以降、軸受診断アプリ)を開発した。

3.1 特長

軸受診断アプリの主な特長を以下に示す。

① リアルタイム診断

当社独自の診断アルゴリズムが組み込まれており、振動データの収集から分析、診断までを自動で行う。軸受診断アプリ1ライセンスにつき、最短約3秒で、最大16か所まで同時に診断する。これにより、わずかな時間に現れる軸受の状態変化を捉え、異常を早期に検知できる。

② しきい値の自動生成

学習したデータを基準として、軸受の状態を判別するためのしきい値を自動で生成する。これにより、作業者の経験が必要とされるしきい値設定作業を不要とした。

③ 軸受型番に限定されない診断

軸受諸元や回転速度等を設定する必要がない。このため、設備に組み込まれた軸受型番が分からない場合や回転速度が分からない場合でも使用できる。

④ 軸受健康状態の段階評価

診断結果は、軸受診断アプリの表示画面上に色と文字により4段階(正常・初期・注意・警告)で表示される。このため、作業者が詳細な分析を行わずとも、軸受の状態を容易に把握することができる。

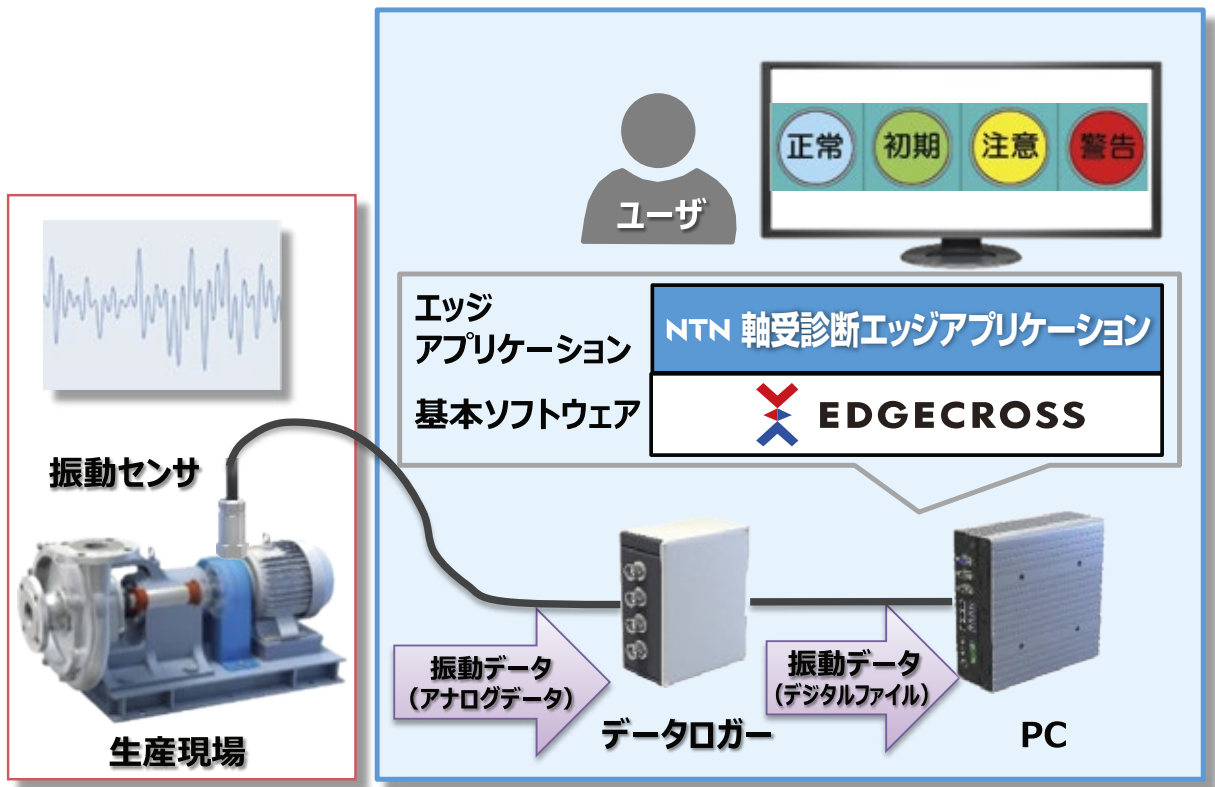


図 2 軸受診断アプリの機器構成

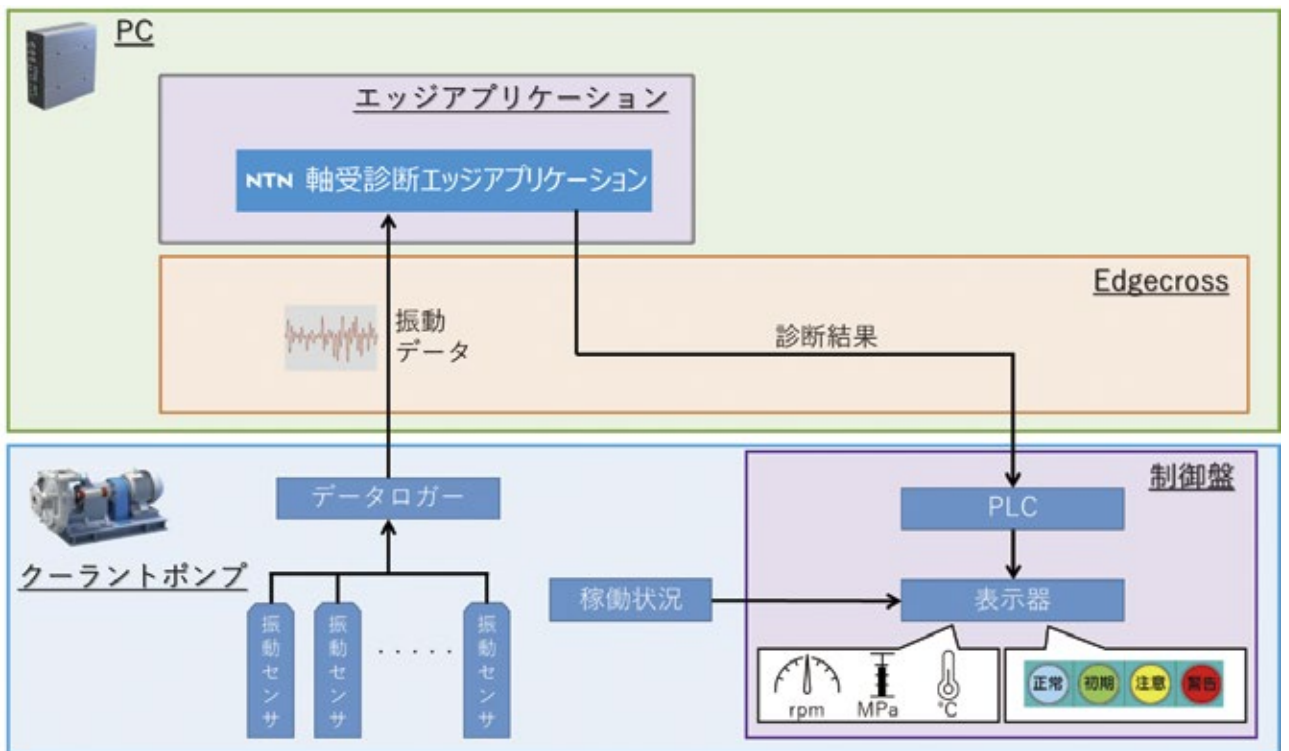


図 3 クーラントポンプの診断プロセス

3.2 使用構成

軸受診断アプリの使用時に必要となる機器は、振動センサとデータロガー、WindowsOSを搭載したPCである。Edgecross 基本ソフトウェアおよび軸受診断アプリはPCにインストールすることで使用できる(図2)。

なお、軸受診断アプリは、生産現場での利便性を考慮して、スタンドアロン形式でも動作可能としている。

4. クーラントポンプへの適用事例

生産現場におけるクーラントポンプの状態監視に軸受診断アプリを適用した例を紹介する。

4.1 点検作業における課題

設備にクーラントを供給しているクーラントポンプが故障すると、生産ラインの停止に繋がる可能性がある。このような可能性を低減するため、作業員による設備の点検作業が定期的または状況に応じて実施される。しかし、この点検作業は作業員の経験に左右されるため、クーラントポンプの異常を見逃す場合がある。この見逃しを防ぐためには、数値化したクーラントポンプの稼働状況を基に、軸受の状態(損傷の有無やその程度等)を定量的かつ自動で評価する必要がある。

4.2 軸受診断アプリの導入

本例における機器構成と計測・診断の流れを図3に示す。軸受診断アプリがEdgecrossを介して、クーラントポンプ制御用のPLC、表示器と連携する構成とした。クーラントポンプ制御盤の表示器には、回転速度、圧力、温度などの運転情報に加えて、軸受診断アプリの診断結果を表示している。

この例では、クーラントポンプの稼働状況の把握と軸受状態の確認が同時に行えるため、作業員による点検作業の負担が軽減する。また、軸受状態を軸受診断アプリで常時監視することで軸受の異常や損傷の進展を定量的に評価できると考えられる。軸受到損傷の兆候が見られた場合には、診断結果に応じてクーラントポンプの負荷が下がるように制御を切り替えることで、軸受損傷の進展を遅らせることも期待できる。

5. PoC 構築支援サービス

生産現場にシステムを導入する際には、導入効果を事前に検証するPoC(Proof of Concept: 概念実証)が行われる。

PoCで使用するセンサ・装置類はユーザが用意するのが一般的である。しかし、軸受診断アプリの導入において、振動センサ、データロガー等が用意できず、PoCの実施が難航することがあった。そこで、用意が必要となる機器類一式をユーザに一定期間無償で貸し出す「PoC構築支援サービス」⁵⁾をEdgecrossコンソーシアム⁴⁾と共同で実施している。

図4に、PoC構築支援サービスにおける運用開始までのフローを示す。本サービスは、診断対象の設備や課題に関するヒアリングを行い、PoC実施内容と、当社の作業支援内容を決定する。機器類のセットアップに不安を抱えるユーザに対しては、周辺機器の設置、軸受診断アプリの設定支援も行っている。

本サービスを利用いただいたユーザからは、すぐにPoCを開始でき、実際の運用イメージを掴むことができた等の評価を頂いた。PoC構築支援サービスの利用終了後も、多くのユーザに軸受診断アプリを継続利用頂いている。

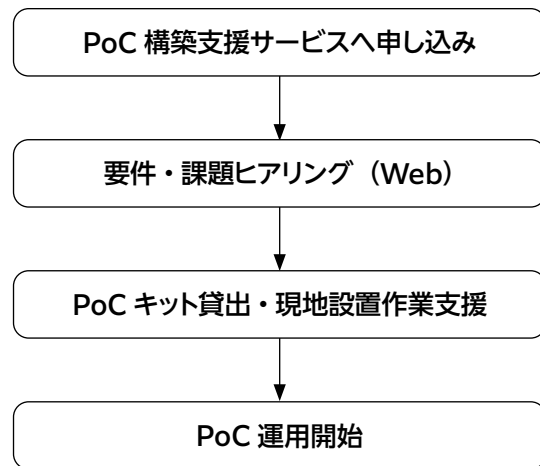


図4 PoC 構築支援サービスフロー

6. おわりに

本稿では、産業用 IoT プラットフォームを活用した軸受診断エッジアプリケーションを紹介した。また、クーラントポンプへの適用を例に軸受診断エッジアプリケーションの生産現場への導入について触れた。

軸受診断エッジアプリケーションは、本稿の事例に限らず、様々なユーザに利用されている。今後も利便性を高めた商品を開発して、ユーザのニーズに寄り添ったサービスソリューションを提供し、各産業の生産性向上に貢献していく。

参 考 文 献

- 1) 経済産業省, スマート保安の推進に向けた官の取組状況について, (2020年12月)
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/smart_industrial_safety_symposium/images/meti_goto.pdf
- 2) ISO 20816-1:2016, 機械的振動—機械振動の測定と評価—パート 1.
- 3) 宮崎誠, 畠山航, 風力発電装置用状態監視システム (CMS) の開発と適用例, NTN TECHNICAL REVIEW, No.86, (2018) 40-44.
- 4) Edgexcross コンソーシアム, Edgexcross コンソーシアム公式ホームページ,
<https://www.edgexcross.org/ja/>
- 5) Edgexcross コンソーシアム, PoC 構築支援サービス, Edgexcross コンソーシアム公式ホームページ,
https://www.edgexcross.org/ja/dounyu_kentou/poc.html

執筆者近影



中野 勇大

産業機械事業本部
ロボティクス・
センシング技術部



長谷場 隆

産業機械事業本部
ロボティクス・
センシング技術部