

高調波センシングと  
AIによる  
設備診断技術  
—AI設備診断サービスについて—

## 目 次

1. 設備本体に取付不要！導入のしやすさに優れた商品 …… P. 3
2. "外乱影響の抑制・異常データ不要" を実現する技術 …… P. 4
3. 搬送ロボットの機械要素部品劣化の検出事例 …………… P. 5

# 振動センサで診断できない設備も対応可能 高調波センサとAIで、設備診断をかたん導入

製造装置の生産性向上を推し進めるには、状態基準保全 (CBM: Condition Based Maintenance) が有効である。

製造装置の中でも主流となる、モータ搭載設備のCBMの実現手段としては振動診断が一般的であるが、設備の診断箇所に振動センサ取付けが必要であることや、周囲振動の外乱や運転パターンが多岐にわたる場合に正しい判定が困難であること、ルールベースの判定アルゴリズムの構築に工数と費用が膨大にかかることが課題となっている。

そこで、このような振動診断の導入において起こりがちな課題をクリアでき、誰でも簡単に導入できる、AI設備診断サービスを開発・商品化した。既存設備の制御盤に高調波センサを設置し、通常稼働時の正常データを収集・学習することで設備の「いつもと違う」を判定し、設備の状態をモニタリングすることができる。

本稿では、AI設備診断サービスの特長と導入事例を紹介する。

## 1. 設備本体に取付け不要！導入のしやすさに優れた商品

本サービスは振動センサでは診断できない設備にも対応できる点や、熟練のノウハウ不要で導入できる点を評価され、様々な製造現場で導入・評価いただいている。

### 1.1 システム概要

設備内のボールネジ、ギヤ、ベアリング等の状態を独自の高調波センサでモニタリング。取得した高調波データを弊社クラウドサーバに送信し、AIで分析。設備の状態をモニタリング。設備の「いつもと違う」を判定し、現場担当者にお知らせ。詳細な手順は後述する。

### 1.2 サービスの特長・メリット

本サービスの特長を以下に示す。これらによって、導入しやすい設備診断サービスを提供している (図1)。③~⑥を実現するための技術的特長は2章で述べる。

#### ① 簡単に後付け可能:

センサの取付けに熟練のノウハウは不要。電線にはさむだけで取付けできるため、既存設備に後付けが可能。

#### ② 設備本体に取付け不要:

設備に直接センサを取付ける必要がなく、離れた制御盤への取付けとなるため、防爆・高温環境の設備も診断可能。さらに、設備の停止も不要。

#### ③ 高調波センシング:

機械要素部品の摩耗劣化が表れやすい電流の「高調波領域」をクリアに取得可能。

#### ④ 外乱影響の抑制:

周囲振動の影響を受けにくい電流方式のため、外乱影響の抑制可能。

#### ⑤ AIを用いた判定モデル自動構築:

AIを用いて正常データで判定モデルを自動構築するため、異常データが不要。専門知識不要なため、簡単な設定のみで利用可能。

#### ⑥ 少量データで分析モデル構築:

限られた高調波データで分析モデルを構築可能なため、すぐに運用開始可能。



図1. AI設備診断サービス概要

簡単に後付け可能・設備本体に取付け不要な診断サービス。これらの特長によって、導入しやすい設備診断サービスを提供。



図2. 摩耗劣化によるモータ電流変化発生メカニズム

機械要素部品の摩耗劣化によって摺動面で微振動が発生。その微振動がモータ回転方向の角速度変化となり、モータ電流の高調波に変化が発生。

## 2. "外乱影響の抑制・異常データ不要"を実現する技術

1章で前述した本サービスの特長③～⑥を実現するための技術的特長について述べる。

### 2.1 高調波センシング

機械要素部品の摩耗劣化の一種である凝着摩耗は、油膜切れによって摺動面が粗くなることで、微振動を発生させる。その微振動がモータ回転方向の角速度変化となり、モータ電流の高調波領域に変化が発生する(図2参照)。これは凝着摩耗だけでなく、アブレーション摩耗や腐食摩耗、疲労摩耗であっても、微振動が生じる原理は同じである。機械要素部品としてはギヤ、ボールネジ、ベアリング等が対象となる。

汎用的なセンサである電流センサはモータトルク(負荷)の表れる低周波帯域に高感度であるため、摩耗劣化の影

響が表れやすい電流の高調波領域をセンシングすることに適していない。一方、高調波センサは同じモータ電流のうち、劣化成分の表れやすい高周波帯域に高感度に調整された、モータ磁界センサである。このため、劣化成分を高感度で取得することができ、少ないデータでロバスト(負荷に影響されず)に設備の状態を判定することができる。

### 2.2 外乱影響の抑制

高調波センサは、隣接する軸や周囲の振動による外乱の影響を受けにくい(図3参照)。図3上の波形はボールネジの駆動時における振動センサ出力を、図3下の波形は高調波センサ出力を表しており、駆動軸付近に振動を発生させた際の測定結果である。振動がボールねじに伝搬するため、振動センサの測定結果は振動による外乱の影響が発生している。

一方、高調波センサは振動に干渉されにくいことが、測定結果よりわかる。

### 2.3 AIを用いた判定モデル自動構築

前述した高調波センサで取得した正常データを用いて、Neural Networkによる教師なし学習の判定モデルを自動で構築する。

このため、異常データを使用せずに判定モデルを構築することができ、機械要素部品や劣化モード毎のルールベースの判定アルゴリズムの構築が不要となる。また、判定結果として正常データからの乖離度合を変化度として出力する。

### 2.4 少量データで分析モデル構築

取得した大量の高調波データの中から、設備の動作特性を踏まえ必要な部分を自動で選択する(図4参照)。このようにしてAIに用いる対象データを絞り込むことで、学習時間の短期化と分析性能の向上を実現している。

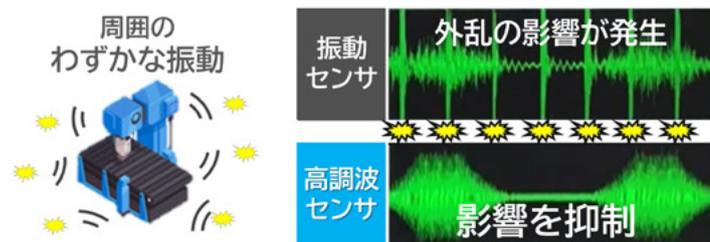


図3. 高調波センサと振動センサを比較

振動センサは、診断対象だけでなく周囲の振動も拾ってしまうため、波形に外乱の影響が発生。一方、高調波センサには外乱の影響が見られない。

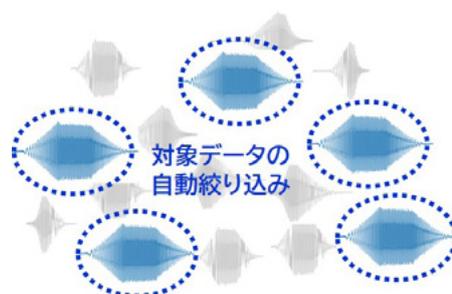


図4. 設備の動作特性を踏まえ、対象データを自動絞り込み

大量のデータの中から、設備の動作特性を踏まえて必要な部分のみを自動で選択。AIに用いるデータを絞り込むことで、学習時間の短期化と分析性能を向上。

### 3. 搬送ロボットの機械要素部品劣化の検出事例

半導体デバイス製造工場において、製造設備内のウェハ搬送部の診断用途として本サービスを導入いただいた。本設備において、ウェハ搬送部の各モータとコントローラ間の配線に高調波センサを取付け、ウェハ搬送時の出力をモニターした。この結果、ウェハ落下エラーが発生する前に機械要素部品の摩耗劣化を検出し、設備の故障停止を回避することができた事例について記述する。

#### 3.1 対象設備

診断対象であるウェハ搬送ロボットのイメージを図5に示す。アームによってウェハをカセットに搬送するロボットである。この設備の機械要素部品の摩耗劣化を検知することで、ウェハが落下するエラーを回避することを目的



上記はイメージであり、実際の設備写真とは異なります。

図5. ウェハ搬送ロボ

アームによってウェハをカセットに搬送するロボット。機械要素部品の摩耗劣化検知によるウェハ落下エラーの予防が運用・監視の目的。

に、診断ソリューションの検討がされていた。

本設備には複数のウェハ搬送ロボットが隣接されているため、互いの振動が伝搬する。このため、周囲の振動が外乱として影響を受けてしまう振動センサでは、この設備の診断は困難であると判断され、外乱に影響を受けない高調波センサを用いた本サービスが採用された。

また設備を止めることなく、高調波センサをモータの電源ラインにクランプオンするだけで、データの収集が開始できることも大きな採用要因であった。

#### 3.2 運用・監視結果

本サービスで収集したデータを用いて判定モデルを自動構築し、その判定モデルを用いて変化度を算出した。算出した変化度の監視結果を図6に示す。生産中に変化度が徐々に上昇し、閾値を超過したことを検知したため、対象のモータに附属の機械要素部品（ボ

ールねじ）の交換部品を手配してメンテナンスを実施した。

その結果、メンテナンス後に変化度が低下したため、機械要素部品の摩耗劣化の発生を検出していたことを確認した。

次に、交換直後のボールねじの状態を確認した。ボールねじの外観を確認した結果、ボールねじのグリスが黒色化していたことから、このグリス中の金属成分を分析して、鉄粉の有無を検査した。

その結果、通常グリスに含まれない鉄粉が検出限界の200倍検出されたため、ボールねじの摩耗劣化が発生していたことを確認できた。

このようにして、本サービスの変化度から、ウェハ搬送部のボールねじ摩耗劣化を検知できることを証明した。

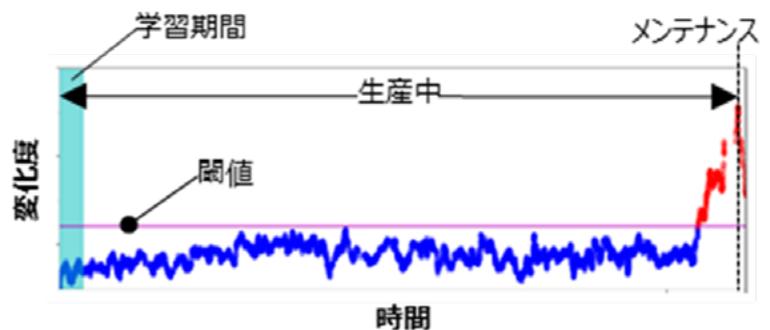


図6. 変化度の監視結果

生産中に変化度が徐々に上昇し、閾値を超過したことを検知。ボールねじの摩耗劣化を検出したと推定し、交換部品の手配・メンテナンスを実施。

#### 「新製品情報」21年10月号・特別別冊（日刊工業新聞社発行）より抜粋

##### 神菌建太（かみぞのけんた）

パナソニック インダストリー株式会社／メカトロニクス事業部 R&Dセンター／主任技師／2013年入社 AIアルゴリズム開発

##### 池田和隆（いけだかずたか）

パナソニック インダストリー株式会社／メカトロニクス事業部 R&Dセンター／主幹技師／1986年入社 生産技術開発、画像処理技術開発、AIアルゴリズム開発

---

**Panasonic**  
INDUSTRY

■技術に関するお問い合わせ

WEBからのお問い合わせ

[https://industrial.panasonic.com/ac/j/user/new\\_question/](https://industrial.panasonic.com/ac/j/user/new_question/)

パナソニック インダストリー株式会社  
メカトロニクス事業部

〒571-8506 大阪府門真市大字門真1006番地

このカタログの記載内容は2022年4月現在のものです。