

# 高速なエッジコンピューティングを実現する 波形解析アプリケーション 「ForeWave™ for AE2100」

伊藤 航介 永井 博

工場設備や鉄道設備を始め、さまざまな重要な設備の保全が課題となる中、波形解析を用いた異常検知技術の必要性が高まってきた。OKIはこの状況に対応するため、機械学習を用いた波形解析ソフトウェアライブラリー「ForeWave<sup>\*1)</sup>」の提供を開始した<sup>1)</sup>。

「ForeWave」の活用例が増えるにつれ、その場でリアルタイムに解析結果を提示することへのニーズが高いことが分かってきた。すなわち、センサーからデータを取得するエッジ領域で判別処理を行い、結果を即座に出力することが求められている。本稿では、「ForeWave」をOKIのAIエッジコンピューター「AE2100」上にリアルタイムでの解析できるよう実装するとともに、振動や音響の波形データ解析に必要な機能をアプリケーションとして集約した「ForeWave for AE2100」を紹介する。

## エッジ領域での予知保全実現への課題

「ForeWave」は、設備保全を行う各市場へ提供が進み、製造領域はその一つである。「2019年版ものづくり白書」によると、国内製造業での人手不足がますます深刻化する中で、将来の競争力強化に向けて「技能のデジタル化・徹底的な省力化の実施」が方策としてあげられている<sup>2)</sup>。これを進めるアプローチの一つとして、近年では製造設備の「予知保全」という考え方が注目されている。定期的にメンテナンスを行うこれまでの「定期保全」に対し、「予知保全」では、製造設備を監視し、故障や不具合の兆候を事前に察知し、その時点でメンテナンスを行うことで、故障を未然に、かつ効率的に防ぐことを目指す。この結果、不要な製造設備の停止を減らすことができ、稼働率の向上が見込める。

一方、故障の兆候を察知するには、これまで熟練者による気づきや監視が必要であった。しかし、センシング技術によって得られる動作時のデータと、機械学習などのAI技術とを用いることで、熟練者に頼らない設備監視がシステム化でき、技能のデジタル化、監視コストの省力化も実現できるようになってきた。

このような技術の進展の中、製造設備に設置したセン

サーから大量のデータを取得し、設備の状態をリアルタイムに近い速度で解析するには、エッジ領域に故障の兆候を判別するAIを搭載した処理装置が必要となる。

「ForeWave」では、機械学習とNon-negative Matrix Factorization(以下、NMF)を組み合わせたアルゴリズムを実装し、振動や音響の変化から製造設備の故障や不具合の兆候を検知することができる<sup>3)</sup>。しかし、現状のライブラリーは、エッジでのリアルタイム処理に対応していないので、データ処理から結果の出力までに多少の遅延が発生していた。また、システム化ではサーバーやクラウド上にお客様の業務アプリやシステムの一部としての適用を前提とし、毎回、データの取出し、判別結果の見える化などの機能を実装する必要があり、製造現場での評価やシステム化のスピードアップへの妨げとなっていた。

## ForeWave のエッジ対応

前述のエッジ領域での予知保全を実現するため、センサーで波形データを取得してから判別結果の出力までの一連の処理を、できる限りリアルタイムに近い速度で処理することができるアプリケーションとなるように設計した。

### (1) 設計上の留意点

特に留意したのは下記の3点である。

#### ① 開発言語の見直し

処理の高速化を実現するため、開発にネイティブ言語であるC++を用いた。

#### ② データ長の統一

従来の「ForeWave」では、入力データの汎用性を高めるため、センサーデータの入力データ長を決めず、データ長変換を判別アルゴリズムの前処理として行っていた。これがオーバーヘッドとなっていたため、ForeWave for AE2100では、アプリケーション内で使用する波形データのデータ長をセンサーからの取得時にすべて揃え、データ長変換処理を行わないようにした。

#### ③ センサーデータ取扱いの効率化

センサーから取得する波形データは特に大量データ(周波数50kHzの場合1秒間に50,000データ、1データ

\*1) ForeWaveは沖電気工業株式会社の商標です。

8バイトとすると0.4MB/s)となる。そのため、センサーから取得した波形データは最初に必要な箇所を切り出し、メモリー内だけに保存し、処理をメモリー上に限定することにより余計なディスクI/Oを発生させないようにした。

また、機能ごとに分割したモジュールで並行処理を行い、各モジュールが次工程のモジュールとは同期せずに処理を実行するようした。例えば、波形データを取得する「データ収集機能」は波形データの取得のみを連続的に行い、次の処理である「異常判別機能」の処理完了と連携しないことで、データ収集時の遅延や抜け・漏れが発生しないようにしている。

## (2) 効果

検証用モーターに取り付けた振動センサーから1秒単位で振動データ(50kHz)を取得し、上記の改良を施した「ForeWave」による判別処理を行ったところ、判別結果を判別結果表示画面に1秒以内に連続して表示することができた。対象の製造設備の状態が1秒以内に確認できることでリアルタイムでの予知保全ができると判断した。

## ForeWave for AE2100 の特長

ForeWave for AE2100は、波形解析ソフトウェアライブラリー「ForeWave」をAIエッジコンピューター「AE2100」上に実装し、予知保全に必要な一連の処理をエッジ端末に最適化したアプリケーションである。これにより、エッジでのリアルタイムでの予知保全を実現する。ForeWave for AE2100の三つの特長を以下に述べる。

### (1) 高いレスポンス要望に応えるエッジでの提供

センサーから取得する大量の波形データをエッジで効率よく処理し、判別結果をリアルタイムに近い時間で出力できる。また、「ForeWave」ではNMFと機械学習を組み合わせたOKI独自の波形解析技術を用いて特徴的な波形成分を自動分解することで、設備の複雑な状態を認識し、高速に判別することができる。これらの高速な処理により、設備異常の兆候が出てから対策するまでの時間を最小化し、設備稼働率の向上が期待できる。

### (2) データの取得から表示までオールインワンのアプリケーション

波形データの取り込みから判別結果表示まで一連の機能を備えるため、1台の製造設備から予知保全機能を適用でき、手軽に複数台への横展開ができる。センシングデバイスは音響センサーと振動センサーの両方に対応し、より対象の設備や環境にあった方式を選択するといった使い方が

できる。また、結果表示画面は要件によって変わることを想定して直近の判別結果を表示する画面のみを提供とし、判別結果ファイルを適用システムに連携することで、適用システム側で必要な画面を追加で作成できる仕組みとしている。**(3) AIエッジコンピューター「AE2100」へインストールしての提供**

小型であるAIエッジコンピューター「AE2100」に予知保全の機能をインストールして提供する。このため、製造設備の隙間など現場で場所を取らないで設置できる。また、過酷な屋外環境にも耐えられるため、鉄道旅客業の鉄道設備といった社会インフラの予知保全にも適用できる。

## ForeWave for AE2100 の構成

ForeWave for AE2100を活用したシステム構成を図1に示す。AIエッジコンピューター「AE2100」はコンテナ型サーバー仮想化ソフトウェアDockerを搭載し、コンテナ上にForeWave for AE2100を実装している。振動センサーまたは音響センサーとの接続ができ、製造設備に任意のセンサーを設置し、USB経由で波形データを取得する。判別結果は、ネットワーク経由で管理用PCのブラウザから確認ができる。また、同様に外部サーバーや製造設備内部の組み込みPCへ判別結果ファイルを転送することもできる。

また、外部から判別モデルの変更やアプリケーションの開始/停止れインターフェースも用意しているので、設備保全を自動化する仕組みを構築できる。判別に使用した波形データは、外部ストレージであるNAS(Network Attached Storage)などにネットワーク経由でバックアップできるため、異常時の検証に使用することもできる。

### ■ システム連携



図1 システム構成

ForeWave for AE2100のソフトウェア構成を図2に示す。データ収集から、異常判別、判別結果表示、システム連携するための一連の機能が実装されている。

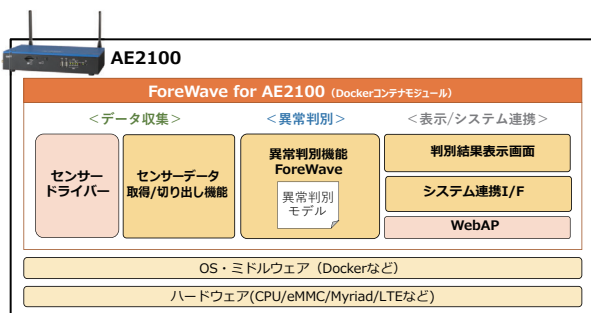


図2 ソフトウェア構成

## ForeWave for AE2100 の利用シーン

ForeWave for AE2100の想定する利用シーンを三つ紹介する。

### (1) 予知保全の効果検証

製造設備が設置済みの現場で予知保全の効果を検証したい場合、ForeWave for AE2100ではセンサー取得から結果表示まで一連の機能を備えているため、図3のように振動・音響センサーと管理用PCを用意すればすぐに評価を開始できる。なお、評価で効果が認められれば、そのまま、実システムへと移行することもできる。

また、判別結果はForeWave for AE2100の判別結果表示画面により、現場ですぐに確認ができる。



図3 個別製造設備の監視

### (2) 製造現場全体の製造設備の予知保全への適用

製造現場全体の運用では、製造設備を一括管理して予知保全を行うケースが想定される。

この場合、図4のように各製造設備にセンサーを取り付け、エッジにForeWave for AE2100を設置し、ネットワーク経由で集中管理する外部サーバーに情報を連携する構成が考えられる。

ForeWave for AE2100ではセンサーから取得した大量の波形データに対してエッジ端末内で判別処理を実施し、軽量の判別結果のみを返すことでできるため、通信負荷を

かけず低遅延で外部サーバーへの結果を出力できる。そのため、工場内の製造設備の状態をリアルタイムに近い状態で把握し、一括管理できる。

また、ForeWave for AE2100は優れた耐環境性とさまざまな通信方式にも対応しているため、製造現場の環境に合わせて柔軟に構成できる。

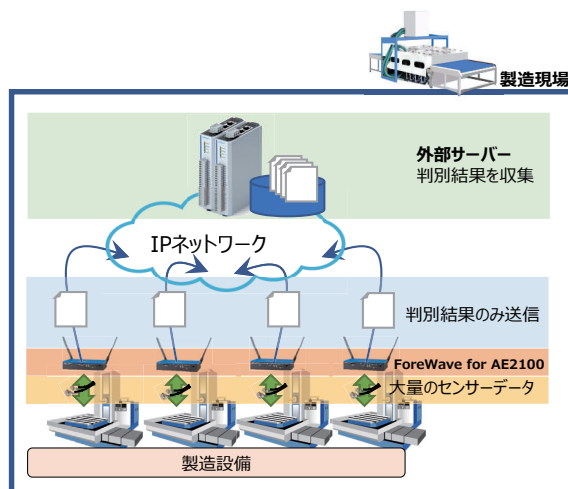


図4 製造現場全体の構成

### (3) 製造設備との判別動作対象連携

製造設備の特定の動作のみを判別の対象としたい場合、図5のように製造設備から制御信号を送信して対象動作を指定することができる。ForeWave for AE2100では受信した制御信号に応じて判別処理を行い、判別結果を製造設備に返す。

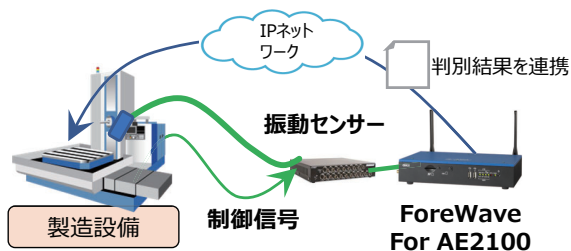


図5 製造設備連携時の構成

例えば図6のように①～④の制御信号を製造設備から送信する場合、③と④の間を判別対象とする設定をすることで、ForeWave for AE2100では③と④の間の波形データに対して判別処理を実施することができる。

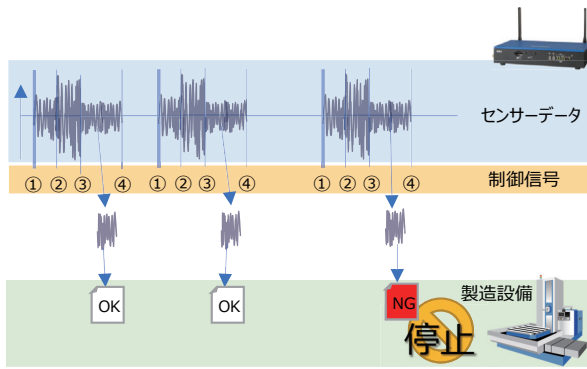


図6 製造設備連携時のフロー

## 今後の展望

ForeWave for AE2100では音響センサーへ対応しているが、通常の音響センサーでは周囲の雑音まで拾ってしまい、予知保全に必要な対象の製造設備の音を検出できないケースがある。今後は対象製造設備の音のみを検出するように、指向性を高めて周囲の雑音を除去するマイクアレイへの対応を検討している。騒がしい環境での予知保全の実現が期待できる。

また、OKIが国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)殿と発表した「ディープラーニング(深層学習)モデルにおけるモデル軽量化技術」をForeWave for AE2100に導入することも検討している<sup>4)</sup>。当該技術の導入により、エッジでのディープラーニングモデルの搭載を実現し、予知保全でのForeWave for AE2100の活用を更に広げることが期待される。◆◆

## 参考文献

- 1) OKIプレスリリース 機械学習を用いた波形解析ソフトウェアライブラリー「ForeWave」を販売開始、2018年10月24日  
<https://www.oki.com/jp/press/2018/10/z18058.html>
- 2) 経済産業省:2019年版ものづくり白書、2019年  
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2019/index.html>
- 3) 高橋佑輔:製造業IoT向け振動による異常検知、OKIテクニカルレビュー第230号、Vol.84 No.2 pp.30-33 2017年12月
- 4) OKIプレスリリース ディープラーニングモデルの新たな軽量化技術を開発、2019年9月9日  
<https://www.oki.com/jp/press/2019/09/z19039.html>

## ●筆者紹介

伊藤航介:Kosuke Ito. 情報通信事業本部 IoTプラットフォーム事業部 IoTソリューション推進部  
 永井博:Hiroshi Nagai. 情報通信事業本部 IoTプラットフォーム事業部 IoTソリューション推進部

## TiPO【基本用語解説】

### Non-negative Matrix Factorization (NMF)

非負値行列因子分解。非負値のデータを加法的な構成成分に分解するための多変量解析手法。波形解析だけでなく、画像解析やテキストクラスタリングなどにも用いられる。

### マイクアレイ

複数のマイクを所定の配列で設置したマイク。各マイクからの出力に対して演算処理を行うことで指向性を得る。