

メンテナンスのDX化 を加速する CbM開発プラットフォーム

アナログ・デバイセズ株式会社

村中俊之



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

メンテナンスのDX化を加速するCbM開発プラットフォーム

【本セッションの概要】

1. 機械振動を計測する振動センシング技術
2. 有線/無線でデータを届ける開発プラットフォーム
3. デモ紹介
 - サポートするソフトウェアフレームワーク紹介(CN0549/有線開発プラットフォーム)
 - 非接触型の振動センサーデモ（非接触で40kHzまでの振動測定）

The cost of down time...



The cost of down time...

23.9%

PERCENTAGE OF TOTAL MANUFACTURING COSTS CAUSED BY DOWNTIME

Source: "The Costs and Benefits of Advanced Maintenance in Manufacturing," U.S. Department of Commerce, April 2018.

『**予定外のダウンタイム**』は、製造品質や機器安全性の低下にとどまらず、製造における高コスト要因として生産性を著しく低下させます。

『**ダウンタイムの回避**』は、インダストリー4.0の重要なテクノロジー目標です。

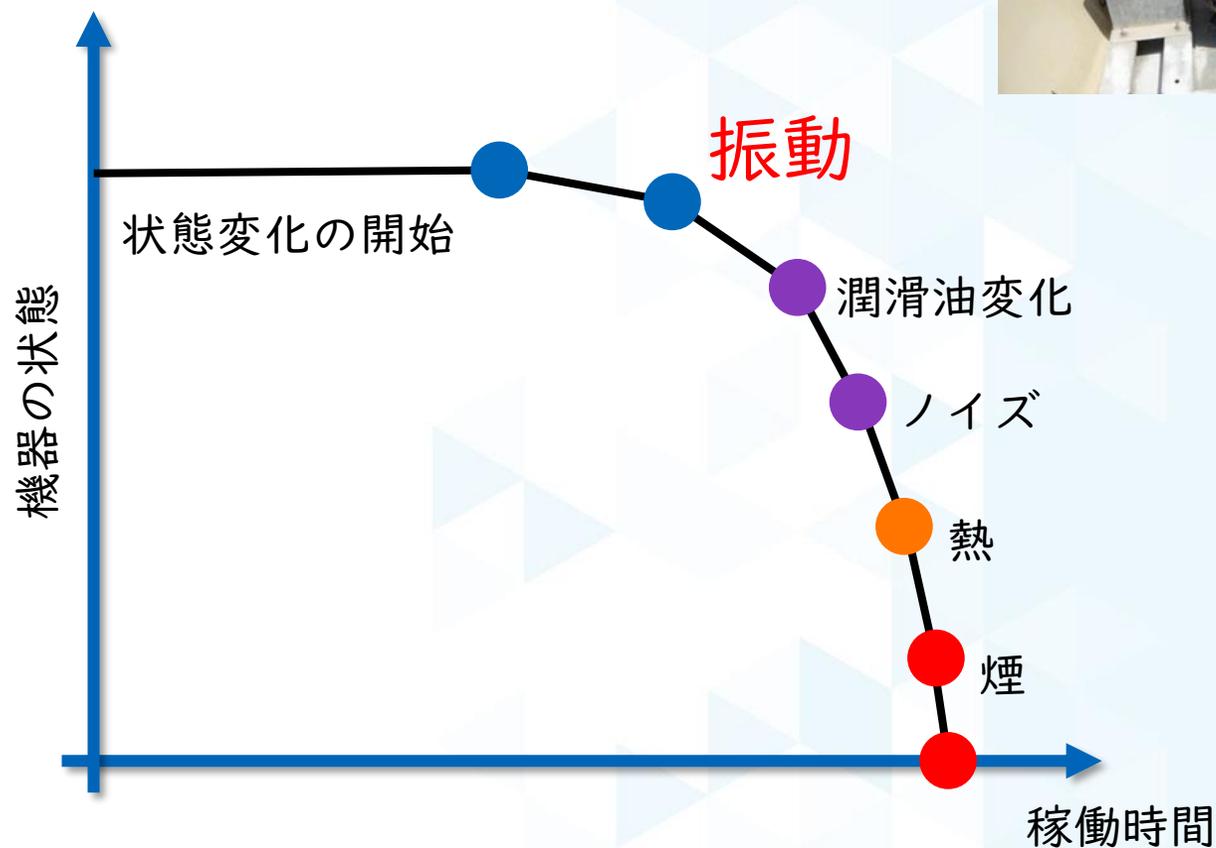
メンテナンスのDX化 >> 意思決定する戦略の革新



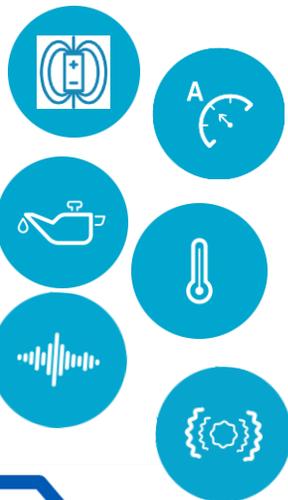
熟練工の診断



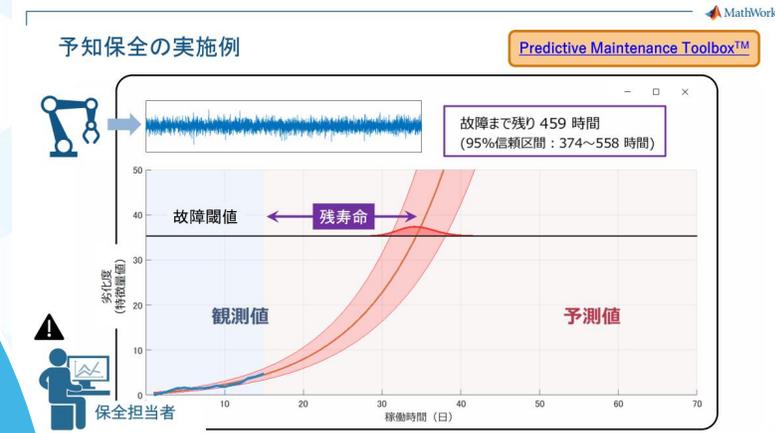
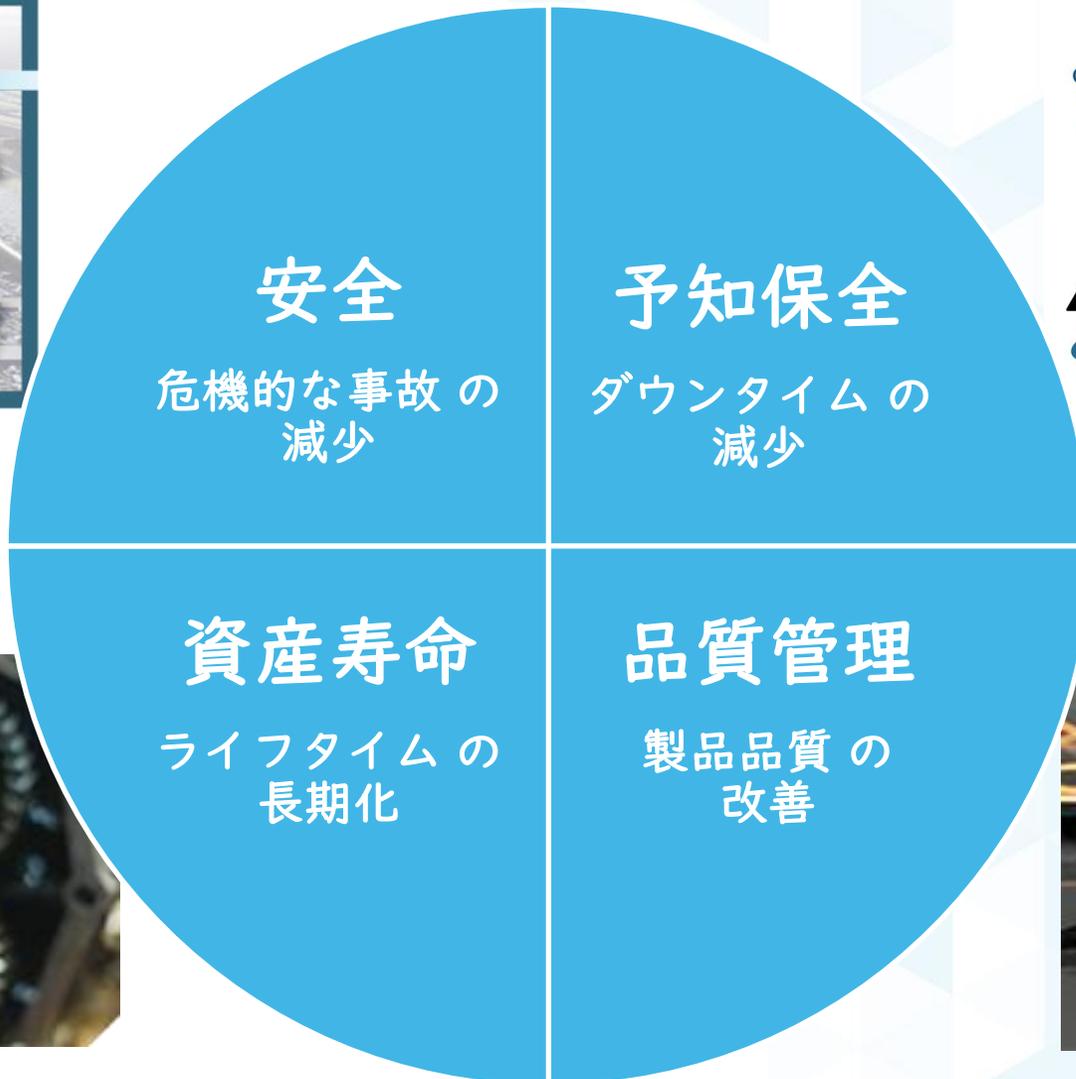
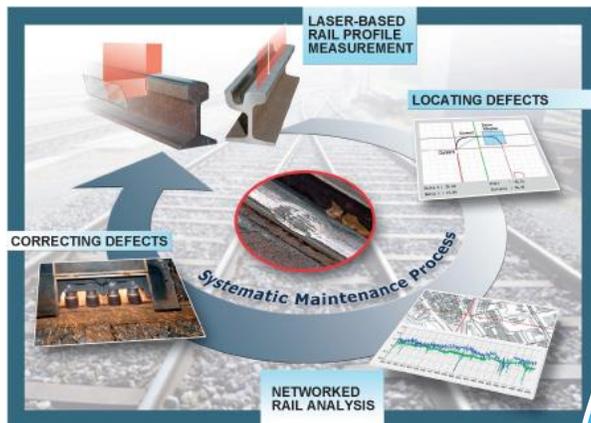
回避すべき惨事



センシング(Fact)に基づく診断



メンテナンスのDX化 がもたらす価値



Analog Devices Capabilities



**Sensing
Modalities**



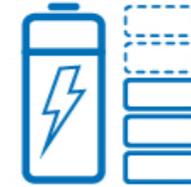
**Data
Acquisition**



**Edge
Processing**



**Wired/Wireless
Connectivity**



**Power
Management**



**Asset Monitoring
Solutions**

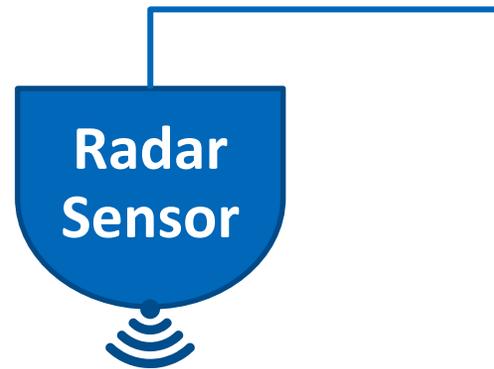
Industrial CbM Platform Solutions

*Analog Devicesは、培った技術・知見を以って
包括的にご提案致します！*

機械振動を計測する 振動センシング技術

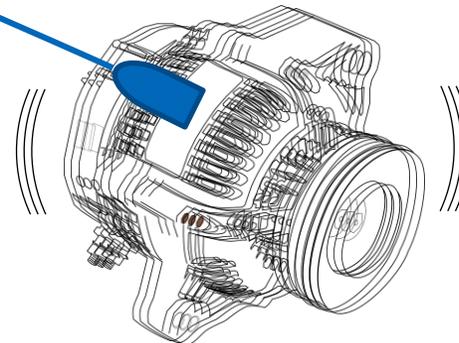
非接触型 振動センシング

- ミリ波レーダー応用技術
- 難しい対象(小型/高温)の測定
- 機械共振フリー
- 設置の自由度



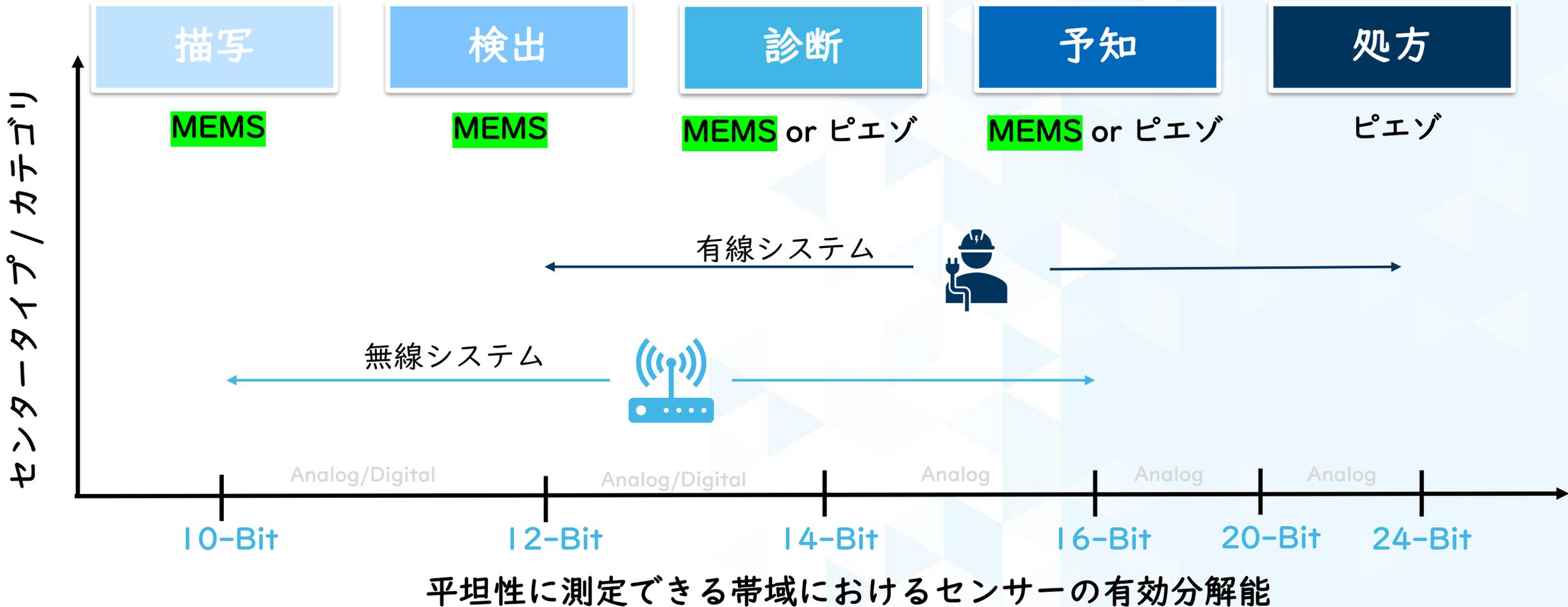
接触型 振動センシング

- MEMS型 加速度センサー
- 安価/シンプルな構成
- 低遅延
- 信号処理の同期性



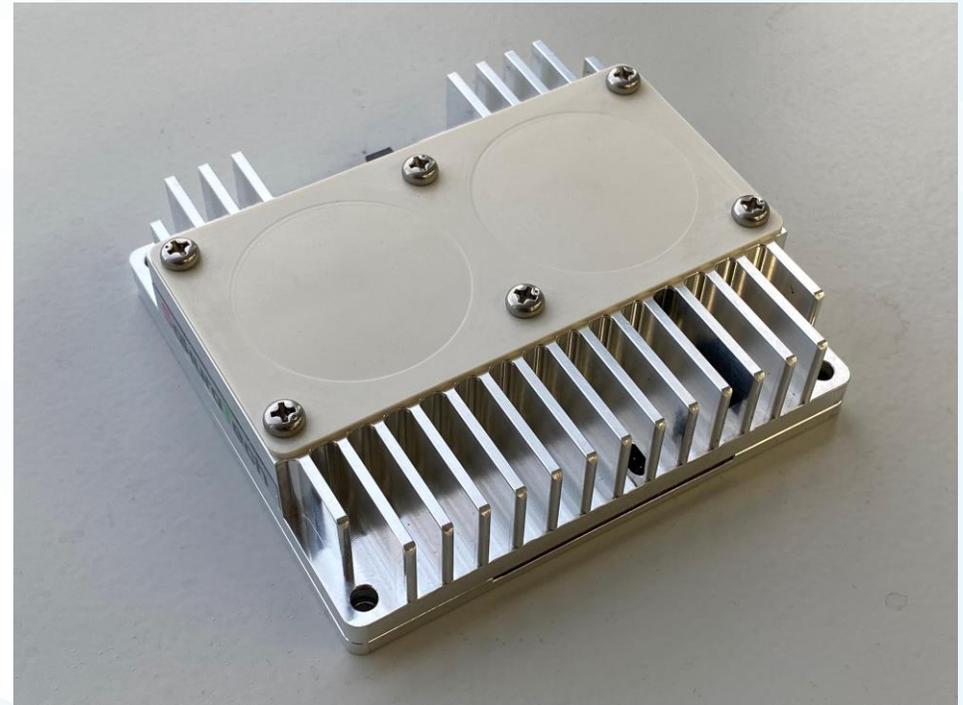
機械振動

接触型 振動センシングの技術革新



非接触型 振動センシングの技術革新

- ▶ ミリ波レーダーMMIC (ADAR690x) と高精度で高速な信号処理
 - 40kHzまでの振動検知能力
 - 0.02umまでの微小変位検知能力



有線/無線でデータを届ける 開発プラットフォーム

接触型・有線プラットフォーム (CN0549 / IEPPE対応)

メンテナンスのDX化に向けたデータ収集を提供

ワンストップ

迅速な検証からCbMシステム開発をワンストップ

分析環境との
連携

- 視覚化から分析まで
- 業界標準のデータ分析ソフトウェアへ簡単なストリーミング接続

データ収集

- 特性検証済みの実装マウント
- 忠実度の高い測定システム
- IEPE互換センサーインターフェース

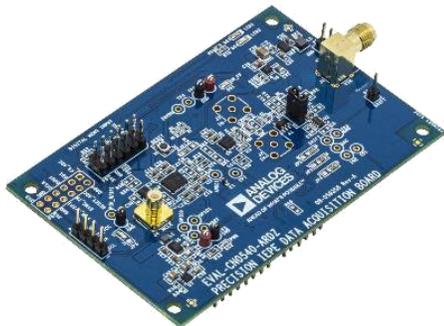
状態監視システムとCN0549

データの流れ

センサー



データロガー



ゲートウェイ



データ収集 & 解析



状態監視 & 診断

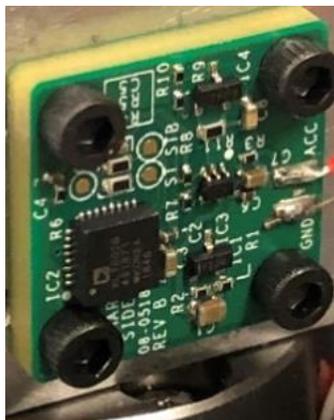


CN0549ハードウェア

- ▶ 多様なデータ解析ツールに対応
- ▶ 容易にデータ取得まで実現



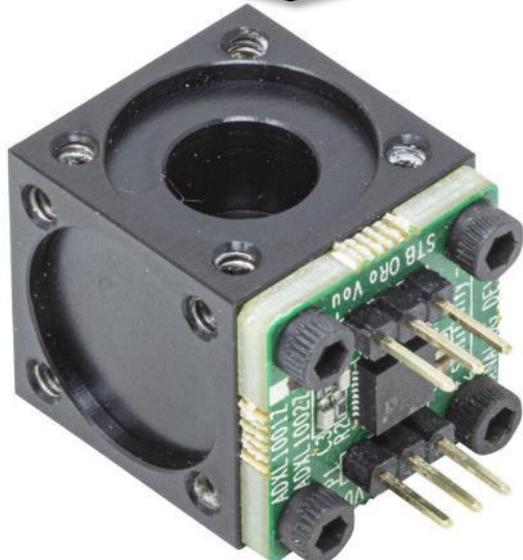
振動センサー(CN0532) + 取付台(XLMOUNT1)



CN0532



EVAL-XLMOUNT1



機能と利点

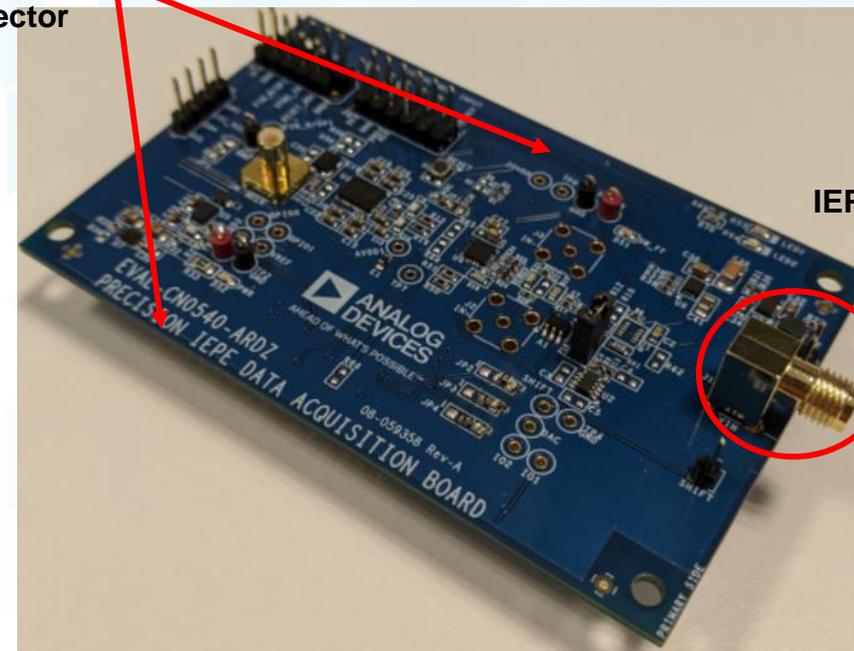
- ▶ 実証済みの機械取り付け(20kHzまで)
- ▶ 広帯域高性能MEM加速度センサー(10kHz)
- ▶ 最大36Vの励起電圧に対応したIEPE互換センサーインターフェース
- ▶ ツイストペアまたはシールドケーブル接続
- ▶ IEPEインターフェースから給電(ローカル電源は不要)
- ▶ メカニカルマウントにより、5つの異なる方向でのデータ収集と分析が可能
- ▶ 短絡防止のためにアルミニウム表面を非導電処理した取り付けキューブ

データロガー(CN0540)

機能と利点

- ▶ 最高26Vの励起電圧を備えたIEPE互換センサーインターフェース
- ▶ DC入力対応 - IEPEセンサーバイアスを除去するオンボードレベルシフト
- ▶ 障害や過電圧状態から保護するためのパワーダウンモードとシャットダウンモード
- ▶ 24ビット、54kHzのアナログ入力帯域幅
- ▶ Arduinoフォームファクタ
- ▶ 3.3V 単電源 (Arduinoホスト給電)

Arduino
compatible
connector

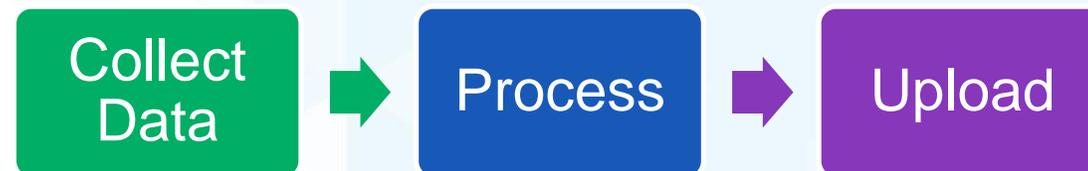
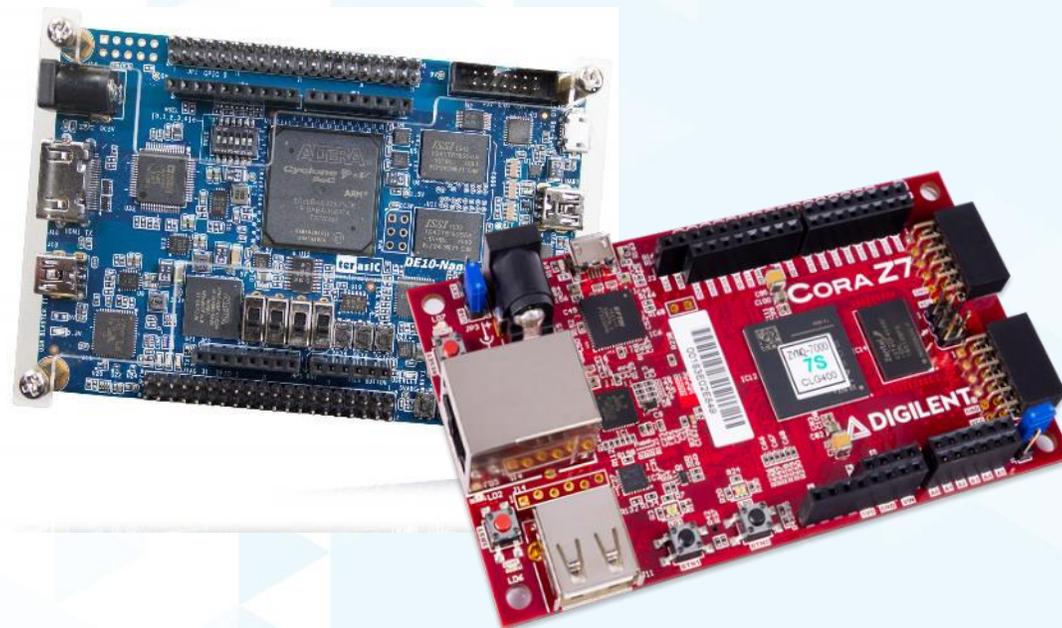


IEPE Sensor Input

CN0540

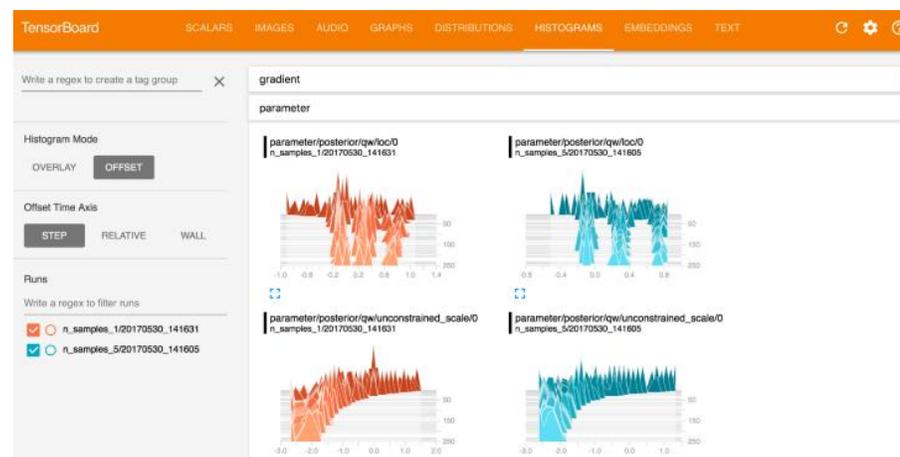
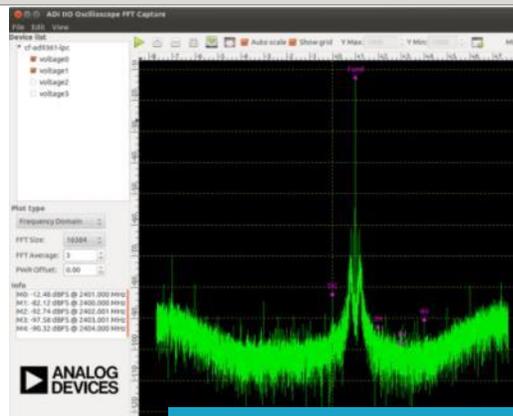
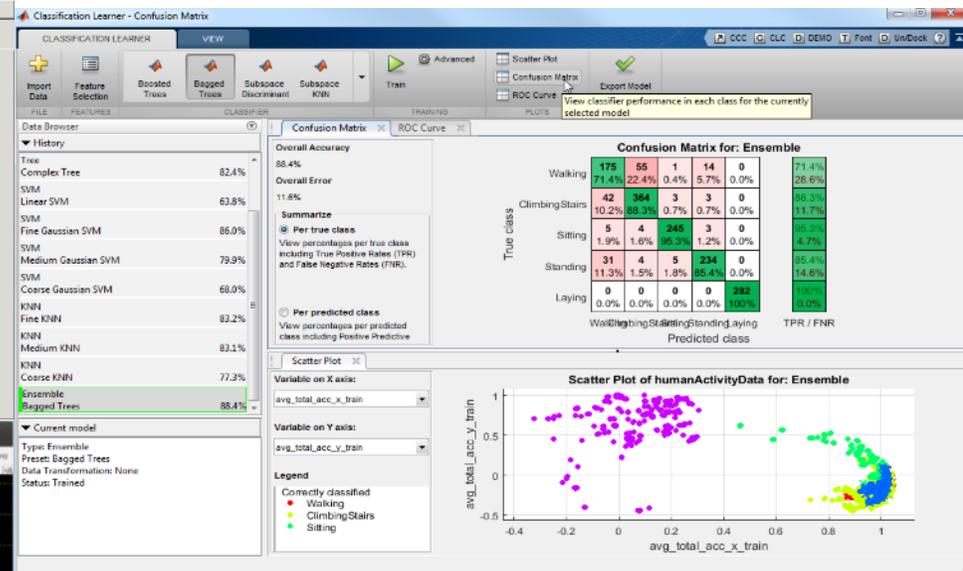
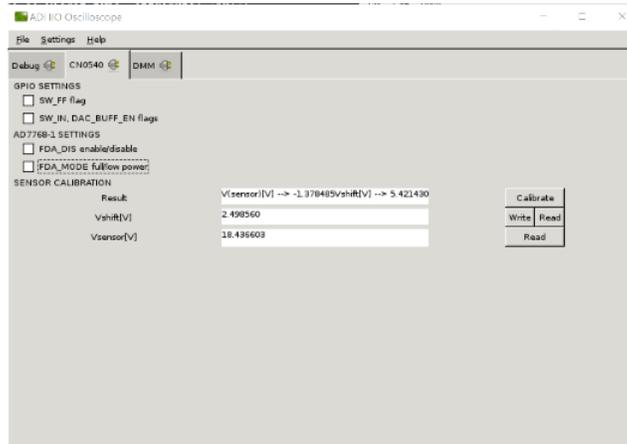
小型ゲートウェイ(Linux)

- ▶ Supported Embedded Platforms
 - Terasic社製 DE10-Nano(Intel FPGA)
 - Digilent社製 Cora Z7(Xilinx FPGA)
- ▶ XilinxとIntelにおけたソフトウェアとHDLのサポート
- ▶ 組み込みLinux OS動作 (ADI Kuiper Linux)
- ▶ 高速データ収集 (6.144 Mbps)と信号処理
- ▶ USB, Ethernet, HDMI, Arduino shield, PMOD, UART, and other peripherals/connectors

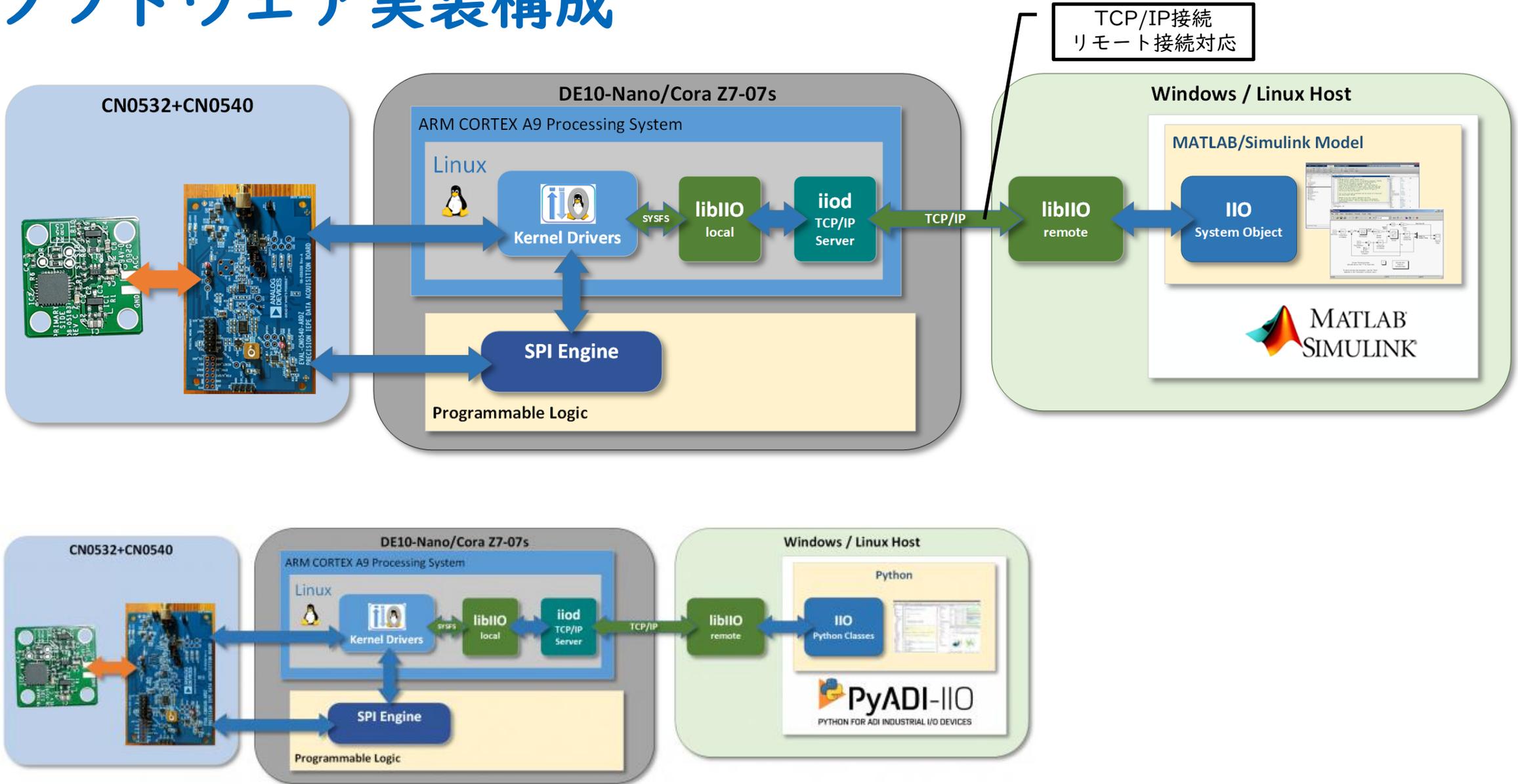


ソフトウェア・エコシステム

- ▶ IIO-Scope custom plug-inのサポート
- ▶ ADI Sensor ToolboxによるMATLABのサポート
 - Example with Deep Learning and Predictive Maintenance Toolboxes
- ▶ pyadi-iioによるPythonのサポート
 - Examples with TensorFlow
- ▶ C/C++/C#/JS/Rust and more through libiio
- ▶ クラウド取込みの例
 - AWS IoT
 - Azure IoT Hub



ソフトウェア実装構成



MathWorks

予知保全の概要

課題背景

- 保全コストの増加
- 機器の老朽化 & 熟練技師の不足
- センサー・データ処理技術の進化

活用例 (MathWorks社想定): **メリット**

- 稼働する各種装置の故障予測
- Digital Twinを活用した各種設備の異常検知
- 生産品質の外観検査

Solution Predictive Maintenance Toolbox™
予知保全解析フローの効率UP

- ✓ 正常・異常データの管理
- ✓ 異常の「特徴量」抽出
- ✓ 故障予測のモデル化

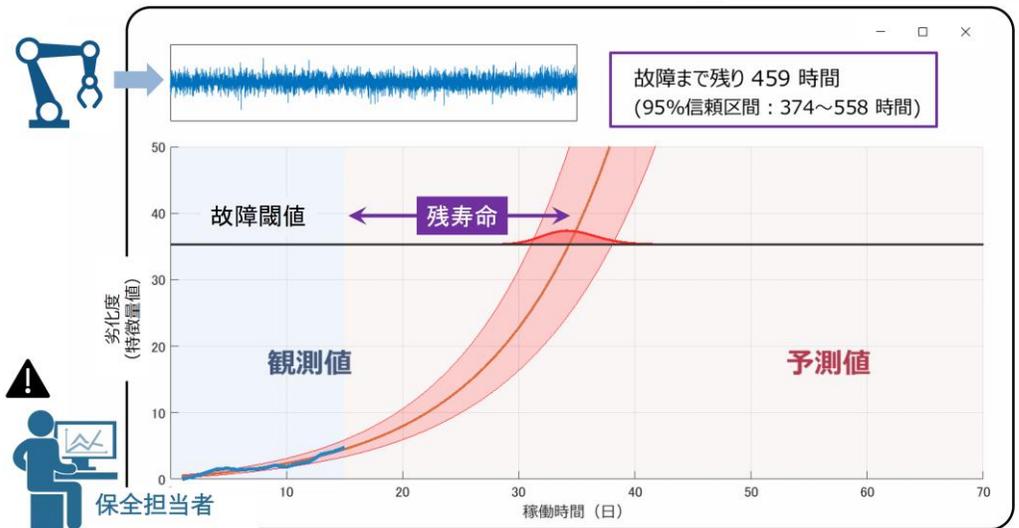


1

MathWorks

予知保全の実施例

Predictive Maintenance Toolbox™



故障まで残り 459 時間
(95%信頼区間 : 374~558 時間)

故障閾値 ← 残寿命 →

観測値 予測値

劣化度 (特徴量値)

稼働時間 (日)

10 20 30 40 50 60 70

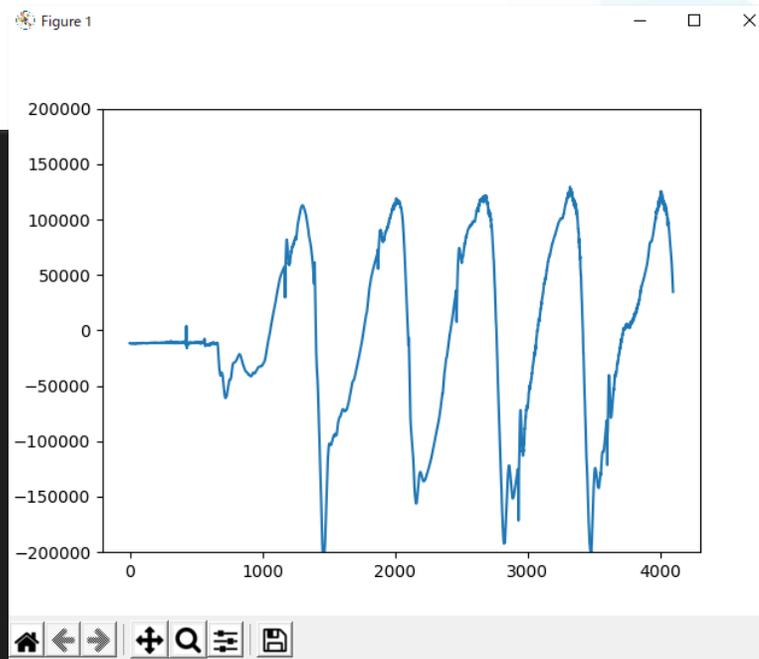
2

- ▶ 故障検出と残存耐用時間 (RUL) の推定
- ▶ 状態インジケータの設計
- ▶ アルゴリズム開発のリファレンス例
- ▶ データの管理とラベル付け

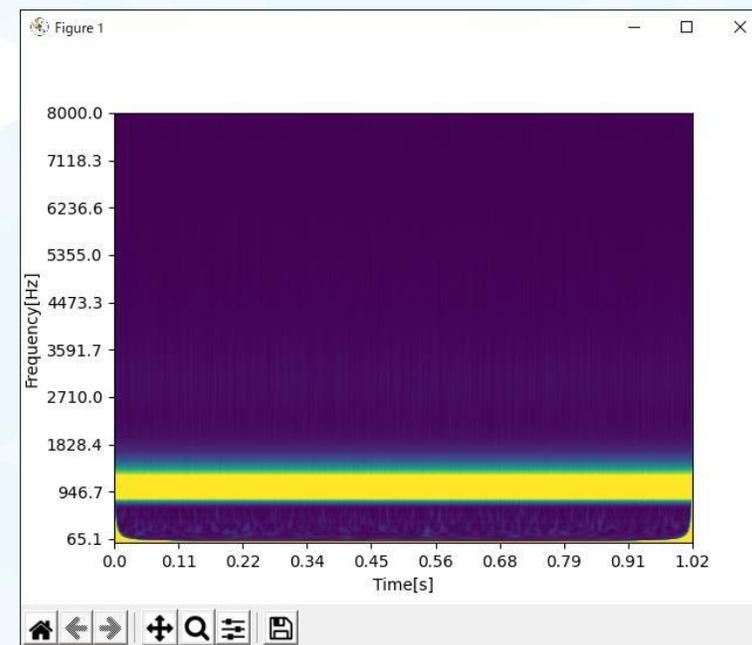
Python 3.x

```

test.py > ...
1  import adi
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  import numpy as np
4
5  uri = "ip:192.168.100.134"
6  captures = 100
7  samples_per_capture = 2 ** 12
8  fan_mode = 1
9
10 x1 = adi.cn0532(uri)
11 x1.rx_buffer_size = samples_per_capture
12
13 for i in range(captures):
14     data = x1.rx()
15     all_data = data if i == 0 else np.vstack((all_data, data)) # type: np.ndarray
16     # Plot
17     plt.clf()
18     plt.plot(data)
19     plt.show(block=False)
20     plt.ylim([-2e5, 2e5])
21     plt.pause(0.1)
22
23
24 np.savetxt["mode{}.csv".format(fan_mode), all_data, delimiter="\t"]
    
```



Wavelets解析



有線プラットフォームの纏め

CN0549が提供する事

- ▶ 機械(ポンプ、ファン、モーターなど)に**簡単な取付け**
- ▶ 業界標準のIEPE信号に対応した機器との**相互接続**
- ▶ 検討レベルに応じたデータ出力
 - 評価目的でデータをすばやく視覚化したいユーザー - **IIOオシロスコープアプリケーション**
 - 分析を行いたいユーザー - **Python/MATLAB**にセンサーデータを直接ストリーミング
- ▶ **初期費用**を抑えたメンテナンス検討
 - CN0549はトータル\$500~600

ユーザー作業

- ▶ 対象機械を学習するアルゴリズムの生成。
- ▶ 導入システムの構築

▶ デモ紹介



接触型・無線プラットフォーム (Voyager3 /Smart Mesh対応)

接触型・無線プラットフォーム(Voyager3)

堅牢/低消費電力の無線メッシュネットワークを備えた振動監視

システム

ADXL356

低ノイズ、低消費
3軸 MEMS加速度センサー

AD7685

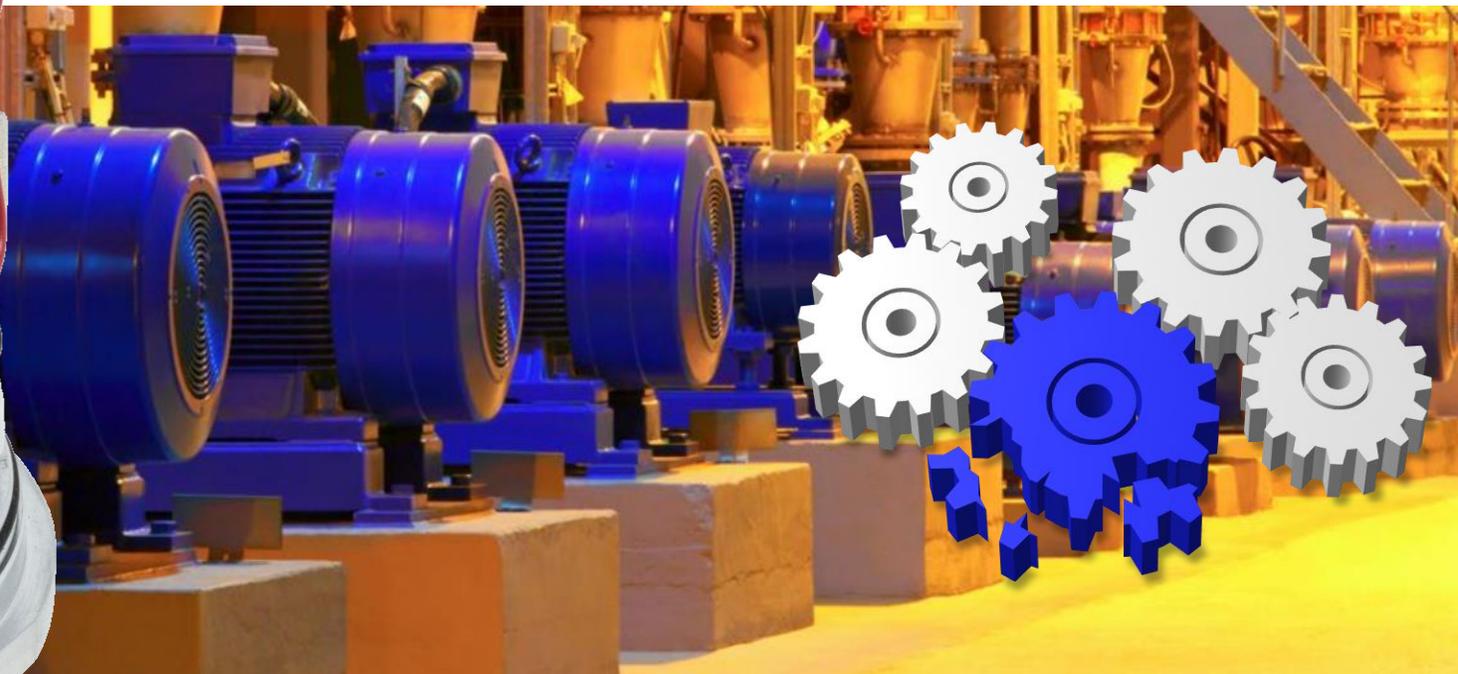
低消費
16-Bit, 250kSPS ADC

ADuCM4050

超低消費電力
ARM Cortex-M4F MCU

LTP5901

堅牢、低消費電力
SmartMesh 802.15.4e



3軸の振動センシングの評価および開発機能を提供

測定対象への迅速な接続を可能にする機械的なフォームファクター、最適化されたセンサーと信号チェーンを介して、多軸の広帯域振動センシングの評価および開発機能を提供します。



3軸の振動測定

BW 1.5kHz



正確なデータ取得を実現する信号チェーン

Sensor, ADC, signal processor, wireless radio



高周波振動を阻害しない機械設計

High quality mechanical attach via 1/4-28 stud



堅牢な無線通信リンク

Low-power, mesh network enables reliable, time-stamped communication



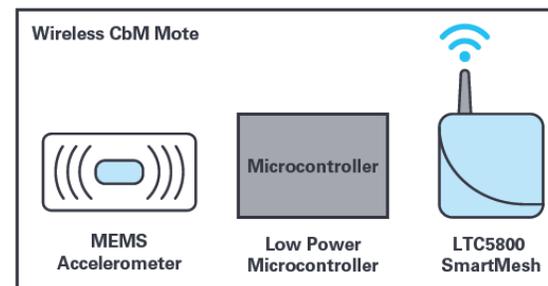
市場投入の加速化の実現

HW and SW design files available for customization and development



データ収集と学習におけた柔軟なソフトウェア

GUI simplifies configuration while enabling faster data analysis



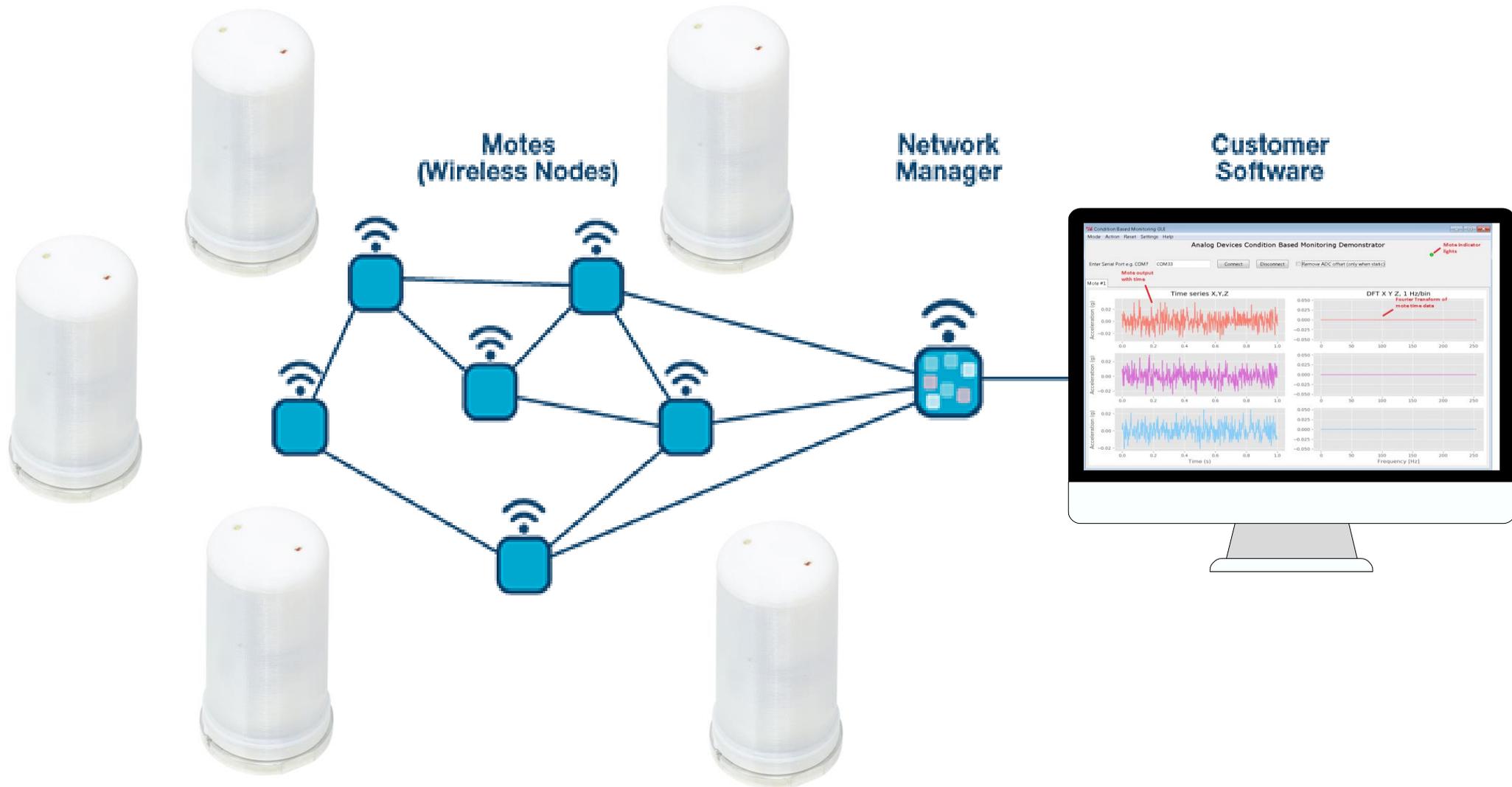
MEMS Wireless Evaluation Platform



無線プラットフォーム

- 型名: EV-CBM-VOYAGER3-1Z
- 参考価格: \$350
- 付属品: SmartMESH manager, JTAG and programming board

SmartMesh ネットワーク



VOYAGER3に含まれるもの

▶ Hardware

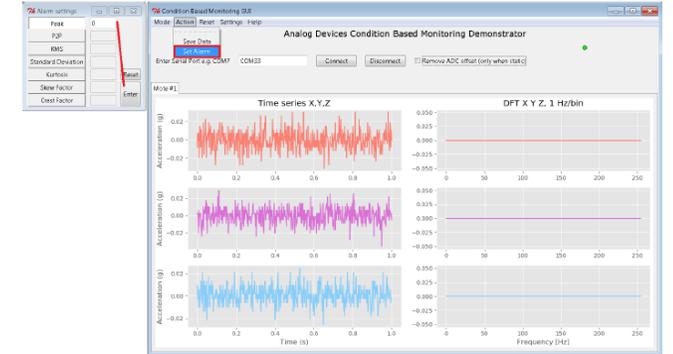
- フラッシュプログラムを備えたワイヤレスプラットフォーム
- 生データとFFTをストリーミング
- Smart Mesh 組込みマネジャー

▶ GUI software

- Pythonまたはスタンドアロンの.exeインストールを使用したPC側GUI
- ネットワーク情報、加速時系列、FFT、および要約データをGUI表示
- SWのインストーलとプラットフォームのセットアップに関するスタートガイド

▶ Firmware

- IAR EWB projectのCソースコード
- ファームウェアの説明とCプロジェクトのセットアップガイド
- モートでのコード開発用のJTAGケーブル



無線プラットフォームの纏め

- ▶ マシン/システムへ取付け
- ▶ ワイヤレスデータ帯域は、構成に応じて約1.5~7.5k bps
- ▶ 評価ソフトウェアの機能
 - 生データとFFTデータの視覚化
 - 継続的なデータストリーミング (タイムスライス: 256~1024サンプル)
 - 診断と低電力モードは有効になっていません
 - Python 2.7
- ▶ 自由度:
 - ハードウェアは、低電力モードの機能を提供し、フラッシュに長いタイムスライス (最大135Mバイト) を保存し、ユーザーアプリケーションコードを提供します
 - エンドユーザーが機能を変更および追加できるようにする完全なソースコード

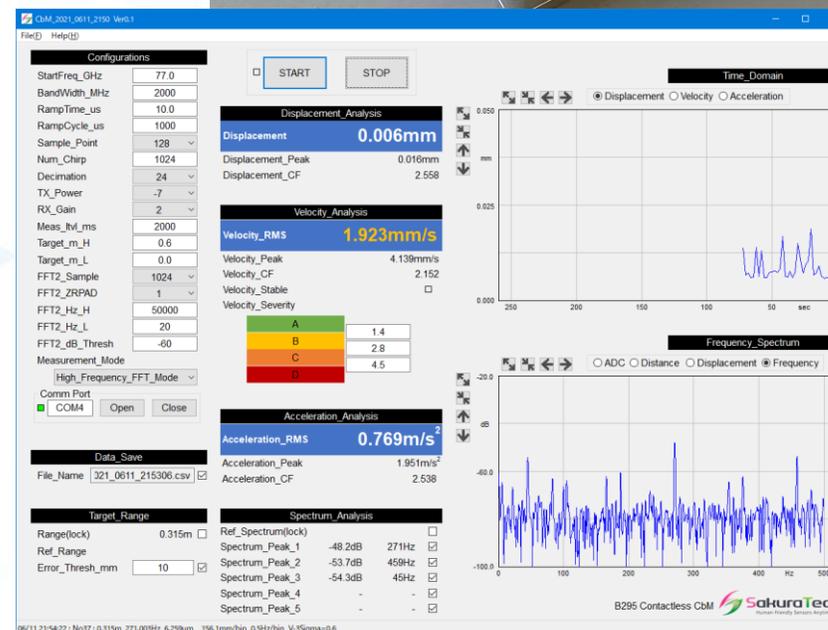
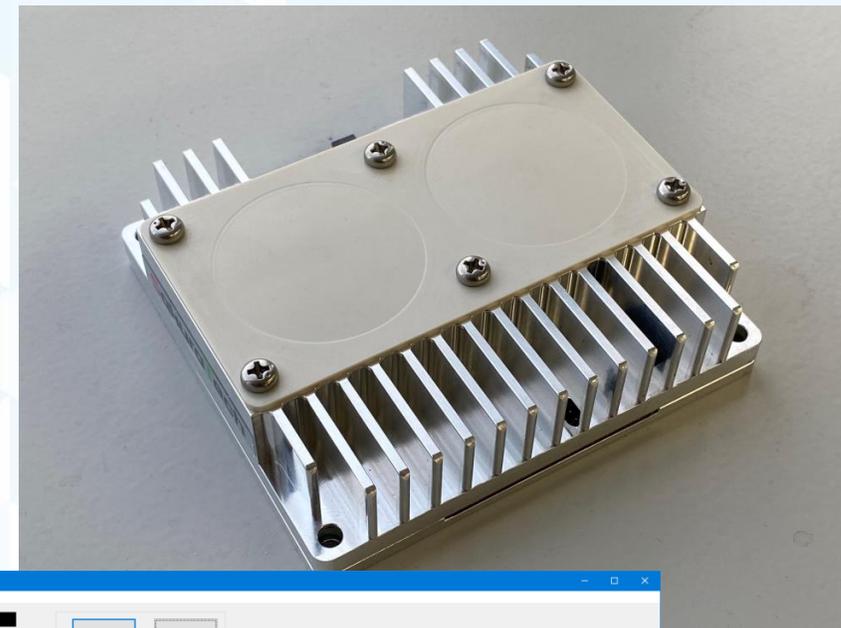


非接触型の振動センサー

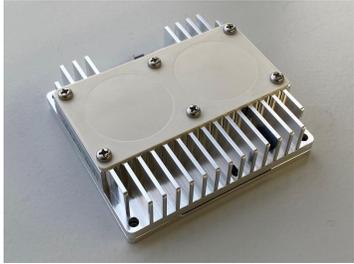


非接触型・振動センサーとは？

- ▶ 機械振動を非接触で測定を可能にする新しいセンサー
- ▶ 非接触振動センサー
 - ミリ波レーダー技術を応用
 - 機械共振フリーで広帯域の振動測定可能（～40kHz）
 - 測定対象物の環境影響を受けない（高温対象でも測定可）
- ▶ アナログ・デバイスズの提供するテクノロジー
 - ミリ波レーダーMMIC（ADAR690x）が高精度で高速な信号処理を提供
 - 40kHzまでの振動検知能力
 - 0.02umまでの微小変位検知能力

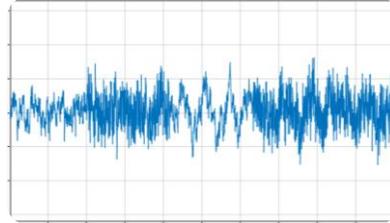


非接触型の振動センサー 測定原理

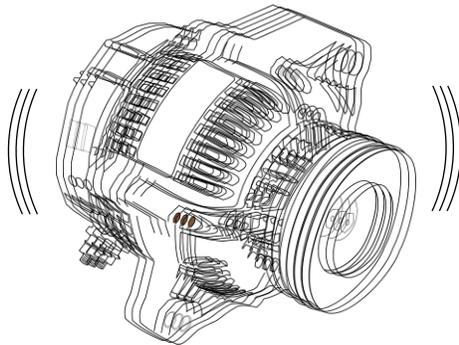


Radar
Sensor

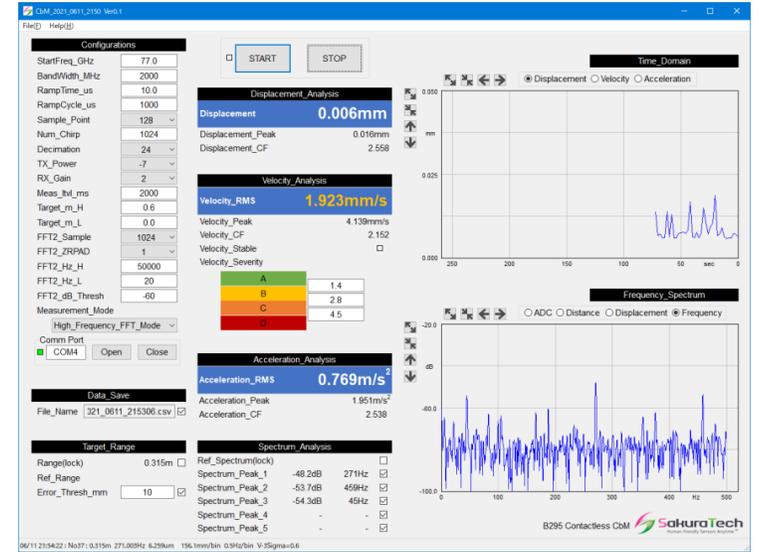
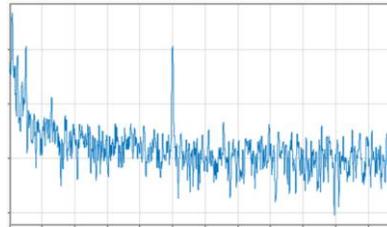
ドップラー波形 (変位量)



機械振動



振動周波数応答波形



異常振動検知
(アラート)

機械振動由来のマイクロドップラーを検出

非接触型振動センサー製品情報

▶ 測定項目：

- 変位量、速度、加速度
- 各データのRMS値とCF値
- 振動シビアリティ（閾値を任意設定）
- 振動周波数スペクトラムとピーク検知（5つ）
- タイムドメインと周波数ドメインのグラフ表示

▶ サンプル価格：20万円

- 販売代理店：株式会社マクニカ・アルティマカンパニー

動作周波数	77-81GHz
電波法認証方式	ARIB-T111
レーダー方式	FMCW
検知可能距離	5m以内（振動検知用途時）
FoV(Field of View)	±3°
距離精度	TBD
変位量精度	最小0.2um
振動周波数	最大40kHz
外形寸法	TBD
防水防塵	IP65
インターフェース	I00BATE-T+PoE対応
電源	TBD

特長

非接触計測（～5m）

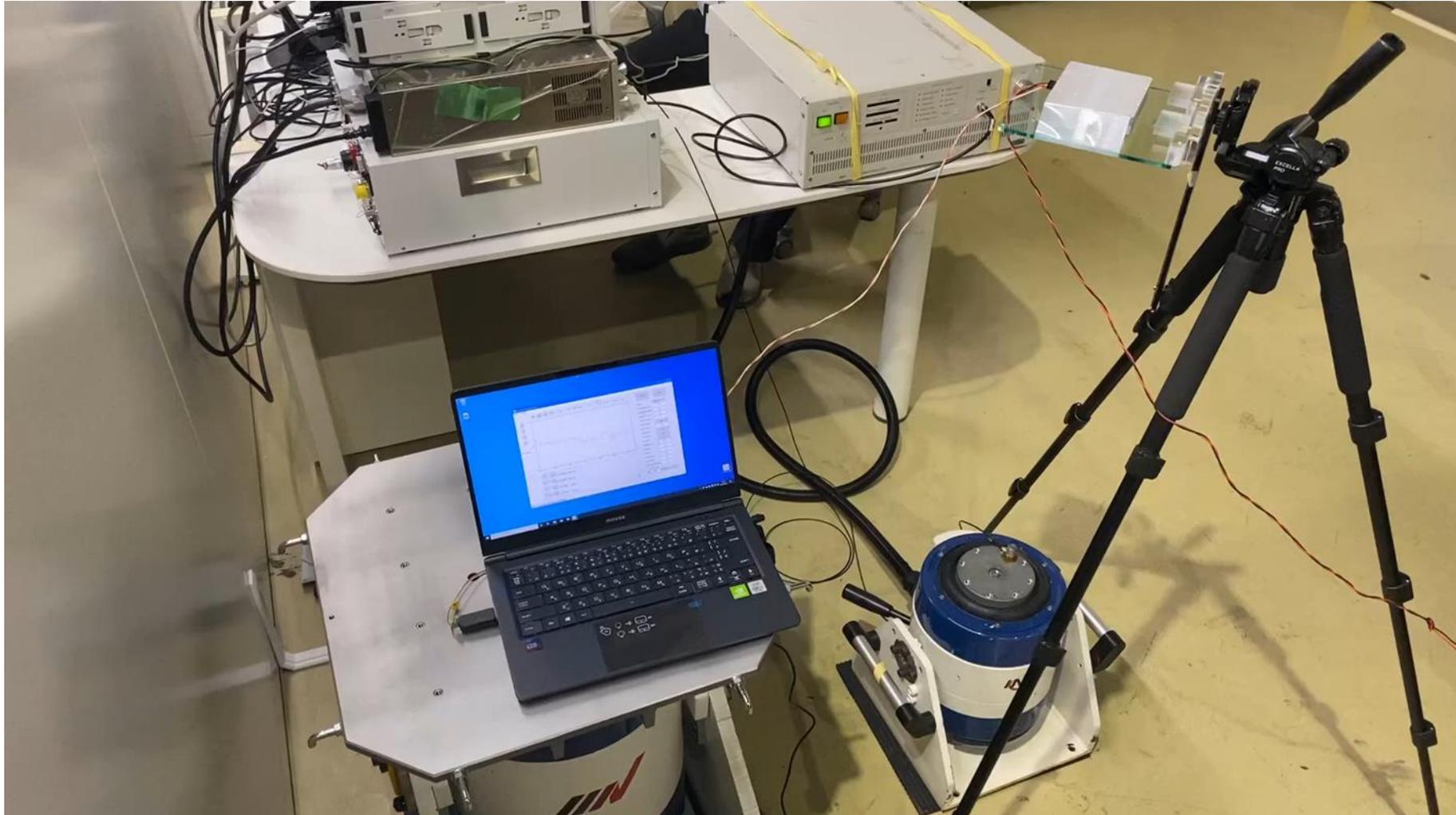
高周波・広帯域計測（～40kHz）

極微小変位計測（0.1μm以下）

機械共振フリー

悪環境下測定（高温になる機械など）

非接触型振動センサーdemo



纏め

▶ メンテナンス意思決定・戦略の重要性

- 高度なメンテナンス戦略を、熟練工の診断 から センシングに基づく診断 へ
- メンテナンスのDX化は、有意かつ高信頼の振動センシングデータを得ることは必須。

▶ 機械振動を計測する振動センシング技術

- 接触測定 と 非接触測定 の選択肢。
- レーダー型・非接触振動センサーは製品化済み。

▶ 有線/無線でデータを届ける開発プラットフォーム

- CN0549/Voyagerは、現場のユーザーから機器設計、データサイエンティストまで、広いユーザー層において、手軽に機械振動を計測できるプラットフォーム。

>>> Analog Devicesは、機械振動を計測する振動センシング技術 と 有線/無線でデータを届ける開発プラットフォームを通して【メンテナンスのDX化】にむけた評価・実装の加速を支援します!