

# 回転機器の予兆保全へ向けた振動データロガーの製作

Fabrication of mechanical vibration data logger for predictive maintenance of rotating equipment

電子・機械技術部 電子・情報科 鈴木健司  
材料技術部 金属・物性科 工藤弘行

工場などにおける回転機器の予兆保全に向けて振動データを収集するためのデータロガーを製作した。このロガーは電荷出力型の加速度ピックアップからの振動データを収集することができ、ワンボードマイコンである Arduino と SD カードモジュール、アナログ回路を組み合わせたものからなる。信号発生器と加振器により発生させた一定周期の振動を製作したロガーで収集し、得られたデータの周波数が正しいか確認した。また、実際の回転機器の振動データを収集し、周波数解析を行った。

Key words: Arduino、マイコン、振動解析、回転機械、ロガー

## 1. 緒言

近年、生産設備の大型化、高度化、複雑化によって、生産性の向上が進んでいる一方で、それらの設備の異常や故障は、品質や生産性の低下に大きく影響し、また、ひとたび大きな事故が起これば周辺環境へも多大な損害を与えてしまう可能性がある。そのため、設備を適切に維持・管理し、設備の異常を早期に発見するための設備診断技術は注目を集めており、未然に事故を防ぐ予兆保全をいかに実現するかが大きな課題となっている。

応募企業の株式会社サンワ電装では、工場設備の計装工事や保守事業を行う一方、工場設備における AI・IoT 技術を活用した予兆保全の実現に向けた様々な取り組みを行っている<sup>1)</sup>。そのような取り組みの1つとして、工場における回転機器を対象に振動データから早期に異常を検知する手法の確立を目指している。

本開発支援では、その取り組みの支援の一環として、ワンボードマイコンを用いて振動センサからデータを収集するロガーを製作した。また、ロガーで収集したデータの周波数が正しいか確認したほか、実際の回転機器の振動に対して周波数解析を行い、周波数分布を確認した。

## 2. ロガー製作

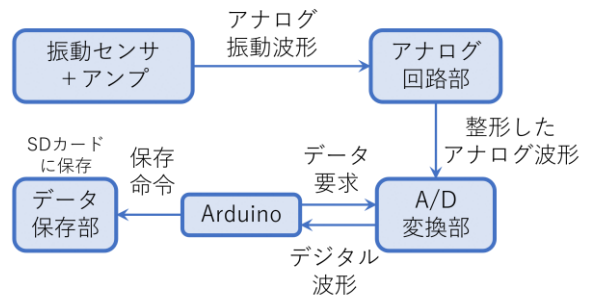
### 2. 1. ロガーの構成

今回使用した振動センサは、小野測器社製の電荷出力型の加速度ピックアップ NP-2910 で、同社のチャージアンプ CH-1200A により増幅したアナログ電圧信号をロガーの収集対象とした。また、収集対象の振動の周波数の上限は、回転機器のミスアライメントやアンバランスなどの構造系異常<sup>2)</sup>を対象として1[kHz]に設定し、サンプリング周波数を 10[kHz]とした。また、データ収集のタイミングは1時間に1回とし、1回あたり1分間の振動データを収集することとした。

製作したロガーのデータフローと周波数解析の流れを図1に示す。ロガーは主にアナログ回路部、A/D 変換部、データ保存部からなり、Arduino は A/D 変換部からデータを受け取り、データ保存部を制御している。データ保存部には SD カードスロットが備えられ、データは SD カードに保存される。また、ロガー上面に備えられたリアルタイムクロック (RTC) モジュールにより現在時刻を取得し、液晶ディスプレイ (LCD) に時刻と現在のデータ取得状態が表示される。

Arduino はシールドと呼ばれる、重ねて接続して使用できるモジュールが各社から販売されているが、本開発支援ではアナログ回路部と A/D 変換部を同じ基板上に実装しシールドとして製作した。製作したロガー全体の様子を図2に示す。データ保存部のシールドの上に独自に製作したアナログ回路部+A/D 変換部シールドが接続されている。本シールドは基板加工装置により製作した。

### ・データフロー



### ・解析の流れ

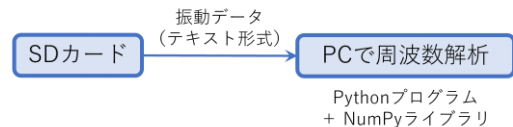


図1 ロガーのデータフローと周波数解析の流れ

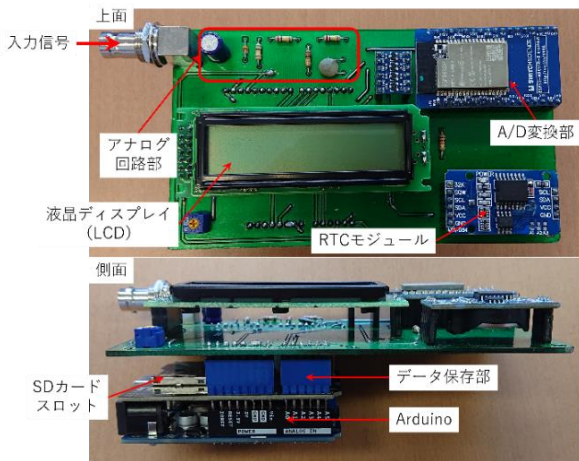


図2 ロガーの全体図

## 2. 2. アナログ回路部

アンプからの信号は、 $\pm 2V$  の電圧信号になるように調整しているが、A/D 変換部であるマイコンの ESP32-WROVER-B の入力許容範囲は  $150 \sim 2450 [mV]$  であるため、許容範囲に収まるように波形を整形する必要がある。回路図を図 3 に示す。この回路を通すことにより入力信号を許容範囲に収めることができる。図 4 は LTspice<sup>3)</sup> により周波数  $100 [Hz]$ 、振幅  $2 [V]$  の正弦波を入力したときの出力波形をシミュレーションしたときのグラフである。これにより入力された電圧信号が  $150 \sim 2450 [mV]$  に収まることが確認できた。

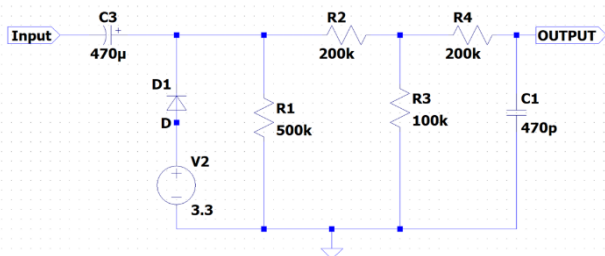


図3 アナログ回路部の回路図

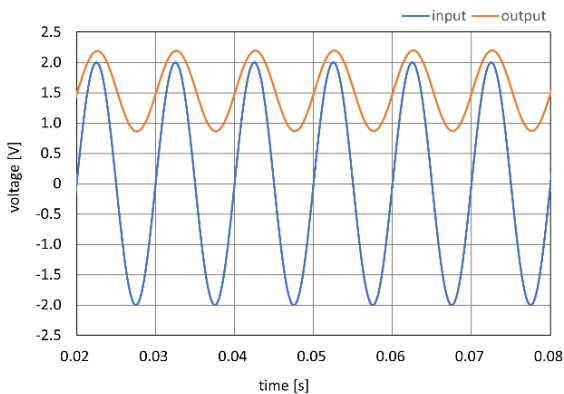


図4 アナログ回路部入力前後の波形比較

## 2. 3. A/D 変換部

振動データを収集するときの条件をサンプリング周波数  $10 [kHz]$  で 1 分間としたため、1 回のデータ容量は  $1 [MB]$  ほどとなるが、Arduino にはその容量のメモリがないため、データを保持しておくことができない。そこで A/D 変換部には  $8 [MB]$  の容量の疑似 SRAM を搭載している ESP32-WROVER-B を採用した。設定時刻になると Arduino から ESP32-WROVER-B へデータ要求を送り、ESP32-WROVER-B は 1 分間のデータ収集を開始する。データ収集中は疑似 SRAM にそのデータを保持し、データ収集終了後は Arduino へデータ転送する。これにより振動データを 1 分間取り逃すことなく収集することができる。

## 2. 4. データ保存部

Arduino は、A/D 変換部から受けとったデータをデータ保存部である SD カードシールドへ送信し、書き込みを行う。 $1 [MB]$  ほどの容量を 1 度には書き込みできないため、 $128 [B]$  に分割して都度書き込みを行った。SD カードシールドは、Seeed Studio 社製のものをを用いた。このシールドは別のシールドをさらに上に重ねて使用できるようになっており、作製したアナログ回路部 + A/D 変換部シールドを接続している。

## 3. 加振器によるデータ検証

加振器により一定周波数の振動を発生させ、作製したロガーが正しい周波数でデータを収集できるか確認した。 $1 [kHz]$  の振動を発生させたときにロガーが収集した結果を図 5 に示す。ロガーのサンプリング周波数は  $10 [kHz]$ 、すなわち  $0.1 [ms]$  周期でサンプリングを行っている。 $1 [kHz]$  の振動の 1 周期は  $1 [ms]$  なので、本ロガーでデータ収集を行った場合、1 周期あたり 10 ポイントの測定点となるはずである。図 5 より 1 周期あたりのポイント数を数えると約 10 ポイントとなることから、正しい周波数でデータを収集していることが確認できた。

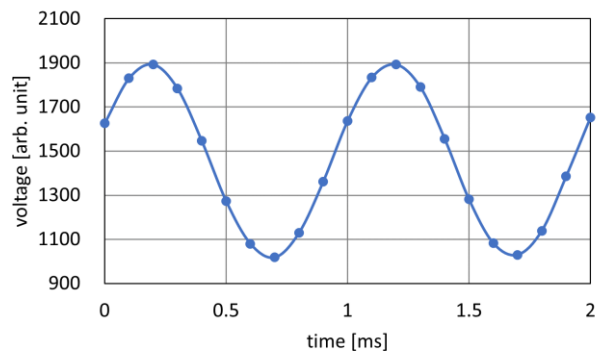


図5 1kHz の正弦波振動のデータ収集結果

## 4. 回転機器の振動データ収集と解析

作製したロガーを用いて実際の回転機器の振動データを収集した。図6に示すように、冷却水ポンプに加速度ピックアップを設置し、1分間の振動データを収集した。

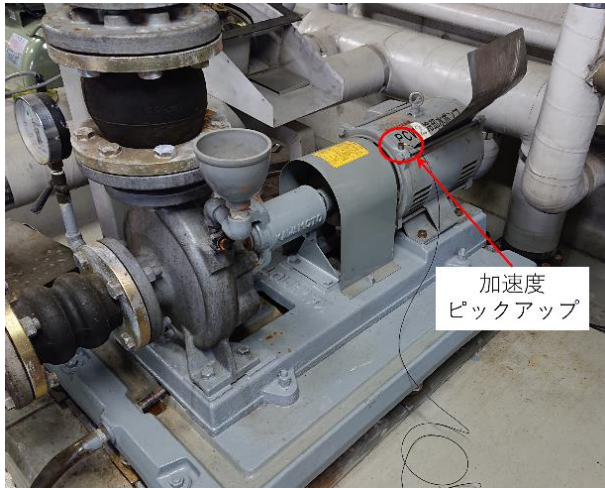


図6 測定対象の回転機器

収集した振動データの400[ms]までのグラフを図7に示す。周期的な波形が確認でき、ポンプの振動波形を収集できたと考えられる。振動波形の周波数を明らかにするために、NumPyライブラリとPythonプログラムを用いた高速フーリエ変換により周波数解析を行った。解析結果を図8に示す。グラフより2つのピークが確認できるが、このピークの周波数はそれぞれ約50[Hz]と300[Hz]であった。このピークの原因としては、ポンプの回転数とその高調波または設置場所の電源周波数由来のノイズが考えられる。ポンプの回転数が不明であったため不確実ではあるが、電源周波数が50[Hz]であることを考えると電源周波数由来の波形を捉えている可能性がある。

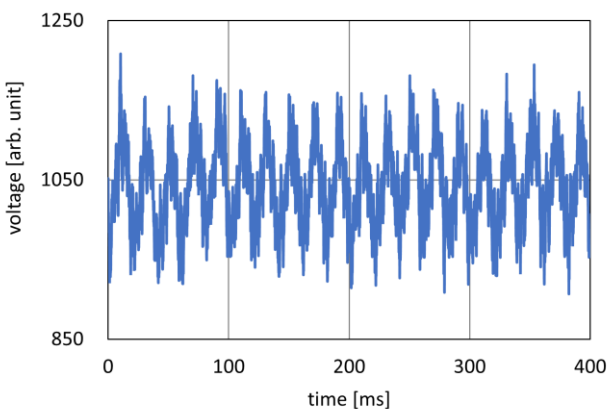


図7 回転機器の振動波形

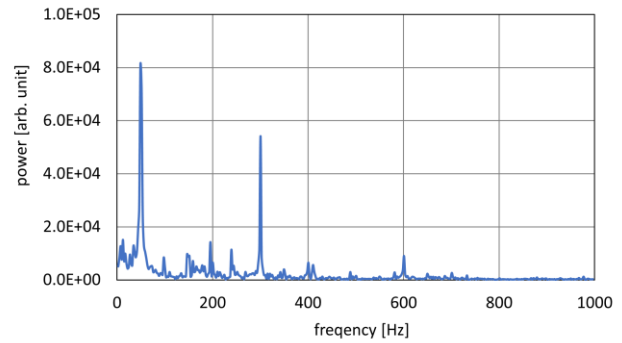


図8 振動波形の周波数解析結果

## 5. 結言

本開発支援では、既存の加速度ピックアップとアンブ及びワンボードマイコンを組み合わせて振動データを収集するロガーを作製した。また、加振器による一定周波数の振動を対象にしてロガーによりデータを収集し、得られたデータが正しいかを確認した。さらに、実際の回転機器を対象に振動データを収集し、得られたデータに対して周波数解析を行い、測定対象の振動パターンについて特徴を捉えることができた。以上のことからマイコンボードと加速度ピックアップを組み合わせると正しい振動データが収集できることが確認でき、今後エッジコンピューティングによりその場で異常検知を行う上で有用なツールの一つになると期待できる。

### 参考文献

- 1) 株式会社サンワ電装. “サンワ電装のIoTソリューション”. 株式会社サンワ電装ホームページ. <https://www.sanwadenco.co.jp/iot> (参照 2023-01-31).
- 2) 豊田 利夫. “設備診断技術 (その2) 振動音響解析による回転機械の診断技術”. 安全工学. 1997, 36巻, 5号, pp. 321-328.
- 3) アナログ・デバイセズ社. “LTspice | 設計支援 | アナログ・デバイセズ”. アナログ・デバイセズ社ホームページ. <https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html> (参照 2023-01-31).