

M5Stack Core2 と ADXL345 を用いた簡易振動測定器の試作

1. はじめに

モーター、ポンプ、ファンを含む機械など、振動の大きさや周波数成分を調べることで、アンバランス、緩み、共振などを検討する手掛かりが得られます。一方、専用の振動計やデータ収集測定器は高価な場合があり、設備の状態を簡便に確認したい場面では導入のハードルになります。

そこで本記事では、液晶画面と microSD カードスロットを備えた M5Stack Core2 と、3 軸加速度センサー ADXL345 を用いて、簡易な振動測定器を試作したので紹介します。この測定器は、待機中は各軸の加速度と周波数スペクトルをリアルタイム表示し、画面の測定ボタンを 1 回押すと 1024 点の 3 軸加速度の測定、FFT 解析、CSV 保存まで自動で行います。

2. 試作測定器の構成と測定条件

表 1 に、試作した測定器の構成品とその役割・主な仕様を示します。ADXL345 は X、Y、Z の 3 方向の加速度を測定するセンサーです。マイコンには液晶画面と microSD カードスロットを備えた M5Stack Core2 を使い、ADXL345 を Core2 の外部 I²C 端子へ Grove ケーブルで接続します。

図 1 に試作した測定器の外観を示します。加速度センサーは、機械設備への着脱を容易にするため、マグネットに固定しました。なお、センサーの固定状態は測定結果に影響するため、測定面との間にがたつきが生じないように取り付ける必要があります。

表 1 測定器の構成品

構成品	役割・主な仕様
M5Stack Core2	加速度の取得、FFT 計算、画面表示、操作を担当
Grove ADXL345	3 軸加速度センサー、I ² C 接続、±16 G 設定
microSD カード	時間波形と周波数スペクトルを CSV 形式で保存
Grove ケーブル	Core2 とセンサーを接続



図1 測定器の外観（センサーは脱着を容易にするためマグネットに固定）

なお、ADXL345 をケースに収めた M5Stack 製の Unit Accel についても、同様に測定できることを確認しています。Unit Accel は Grove ケーブルでマイコンに接続できるため、センサー基板をそのまま使用する場合より取り扱いが容易です。

3. リアルタイム表示と測定・解析

（1）待機中のリアルタイム表示

図2に測定器のリアルタイム表示の画面を示します。測定器の起動後は、測定ボタンが押されるまで、加速度を連続して取得します。サンプリング周波数は400Hzで256点のデータを測定します。周波数400Hzで256点を取得する時間は約0.64秒であり、画面は約0.64秒ごとに更新されます。マイコンの画面上部にはX、Y、Z軸の瞬時加速度を、下部には周波数と振幅の関係のグラフが表示されます。

マイコン内部では、測定したX、Y、Z軸の各256点のデータについて、平均値を除去した後のRMSを計算し、RMSが最大の軸（最も振動が大きい軸）を自動的に選んでFFTを行い、画面にグラフ表示します。グラフの横軸は周波数、縦軸は各周波数の振幅を表し、黄色の棒（矢印部）は最大ピークを示します。

画面にはFFTの解析軸（Z）、ピーク周波数（40.6 Hz）、ピーク振幅（0.043）、MEASUREを押したときに保存されるファイル名の番号（0036）も表示されます。

このリアルタイム表示は、センサーの取付位置を変えながら、振動が大きい位置や特徴的なピーク周波数を探す用途に利用できます。

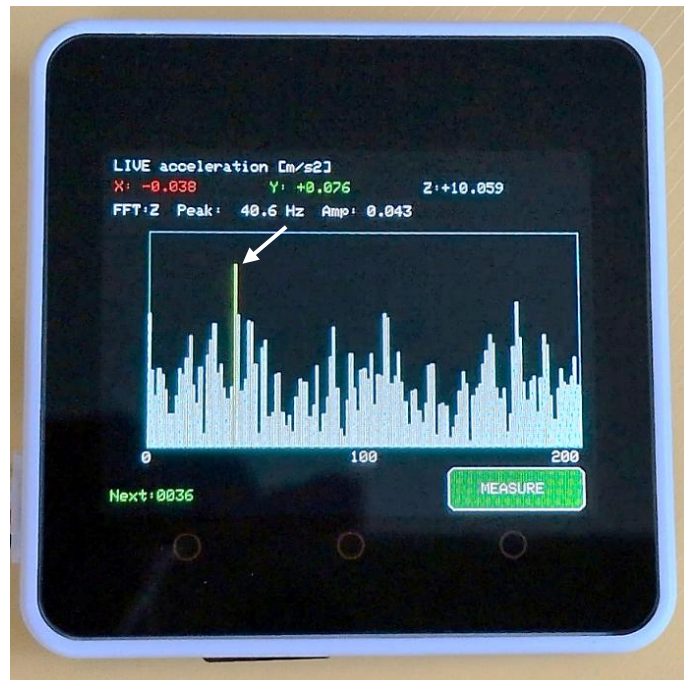


図2 リアルタイム表示の画面

【サンプリング周波数を 400 Hz とした理由】

ADXL345 では、サンプリング周波数を複数の設定から選択できます。本測定器では、モーター、ポンプ、ファンなどで生じる 200 Hz 程度までの振動成分を解析の対象としました。サンプリング周波数が 100 Hz では解析上限が 50 Hz にとどまり、800 Hz では静止ノイズが大きくなる傾向が見られたため、解析範囲と測定値の安定性のバランスから 400 Hz を採用しました。サンプリング定理より、サンプリング周波数 400 Hz における解析上限は理論上 200 Hz となります。

(2) MEASURE ボタンによる測定・解析・保存

リアルタイム表示で測定位置を確認した後、画面右下の「MEASURE」ボタンを 1 回押します。その後は、次の処理を自動的に実行します。

1. サンプリング周波数 400 Hz で X、Y、Z の加速度を 1024 点取得する。
2. 各軸の平均値を除去し、振動成分の RMS を計算する。
3. RMS が最大の軸を解析対象として選択する。
4. ハニング窓を適用して FFT を行い、周波数スペクトルを求める。
5. 最大ピークの周波数と振幅を求め、画面へ表示する。
6. 時間波形と周波数スペクトルを別々の CSV ファイルに保存する。
7. 保存後、待機中のリアルタイム表示へ戻る。

ここで、1024 点の取得時間は約 2.56 秒となりました。測定中は画面に「Measuring...」と表示します。FFT 計算自体はマイコン上でごく短時間に完了するため、測定時間の大部分はデータ取得に要する時間です。

(3) FFT の条件と簡易確認

前述のとおり、本測定器のサンプリング周波数は 400 Hz です。サンプリング定理から、解析できる周波数の上限は理論上 200 Hz となります。周波数分解能は、サンプリング周波数をデータ数で割った値です。保存用の測定では 1024 点を使用するため、周波数分解能は約 0.391 Hz となります。一方、リアルタイム表示では応答性を優先して 256 点としており、分解能は 1.563 Hz です。

動作確認では、スマートフォンの音の発生アプリを用いて 120～199 Hz の周波数の音を出力し、その際にスマートフォンの筐体に生じる振動を本測定器で測定しました。その結果、設定した音の周波数と FFT 解析で得られたピーク周波数がおおむね一致することを確認しました。

表2 リアルタイム表示と保存用測定におけるデータ数、更新・測定時間および周波数分解能

用途	データ数	更新・測定時間	周波数分解能
リアルタイム表示	256 点	約 0.64 秒	約 1.563 Hz
保存用測定	1024 点	約 2.56 秒	約 0.391 Hz

【FFT で分かること】

時間波形だけでは周期性が分かりにくい振動でも、周波数スペクトルに変換することで、回転周波数に対応する成分や、その整数倍となる高調波成分を見つけやすくなります。ただし、検出されたピークが共振によるものか判断するには、回転数との比較や加振試験などの追加検討が必要です。

4. データ保存と活用上のポイント

(1) 保存される CSV ファイル

測定ボタンを押すと、X、Y、Z 軸の加速度データを 1,024 点取得し、FFT による周波数解析を行います。測定結果は、microSD カードに次の 2 種類の CSV ファイルとして保存されます。

- ・ WAVE ファイル：時刻および X、Y、Z 軸の加速度
- ・ SPEC ファイル：周波数および振動強度

ファイル名には測定ごとに連番が付与されるため、複数回の測定結果を区別して管理できます。保存した CSV ファイルは、表計算ソフトなどを用いてグラフ化や比較検討ができます。

なお、本測定器による測定・保存には microSD カードが必要です。カードが挿入されていない場合や、書き込み可能な状態でない場合は、測定データを保存できません。

表3 保存される CSV ファイル

ファイル名の例	保存内容
WAVE0001.CSV	サンプル番号、時刻、X・Y・Z 各軸の平均値除去後の加速度 (m/s^2)
SPEC0001.CSV	解析軸、RMS (m/s^2)、ピーク周波数 (Hz)、ピーク振幅 (m/s^2)、周波数ごとの振幅 (m/s^2)

(2) 測定時の注意点

① センサーの固定

振動測定では、センサーの性能だけでなく固定方法が測定結果へ大きく影響します。センサー基板は測定対象へできるだけ剛に固定し、厚い両面テープ、スポンジ、柔らかい樹脂などを介在させない方がよいでしょう。柔らかい固定材はばねのように働き、振幅を減衰させたり、別の共振を生じさせたりする可能性があります。

② ケーブルの影響

ケーブルが揺れると、その動きがセンサーへ伝わります。ケーブル出口付近を固定し、測定中はケーブルへ触れないようにします。設備の回転部や高温部へケーブルが接触しないよう、安全面にも注意が必要です。

③ 測定条件をそろえる

測定値を比較する場合は、センサーの向き、取付位置、固定方法、設備の回転数や負荷をそろえます。条件が異なるデータを単純に比較すると、設備の状態ではなく測定条件の違いを評価してしまうことがあります。

(3) 想定される活用例

- ・ モーター、ポンプ、ファンなどで振動振幅が大きくなる周波数の確認
- ・ 設備の運転条件を変更したときの振動比較
- ・ 異音が発生する位置や条件の絞り込み
- ・ 定期測定による RMS やピーク周波数の傾向管理
- ・ 防振材や固定方法を変更した前後の比較
- ・ 振動計測や FFT 解析を学ぶための社内教育

(4) 本測定器の限界

- ・ 測定周波数の上限は理論上 200 Hz であり、高周波振動には対応しません。
- ・ センサー、ケース、固定方法の周波数特性を含むため、絶対的な振幅精度は保証されません。
- ・ リアルタイム表示は 256 点解析のため、保存用測定より周波数分解能が粗くなります。
- ・ 診断結果を自動判定する機能はなく、異常の判断には専門的知識が必要です。

6. おわりに

M5StackCore2 と ADXL345 を用いて、加速度のリアルタイム表示、FFT 解析、microSD カードへの CSV 保存を行う簡易振動測定器を試作しました。待機中に振動の状態を確認し、必要な位置とタイミングでボタンを 1 回押してデータを保存できるため、現場で扱いやすい構成になったと考えています。

本測定器のプログラムの作成には生成 AI を活用しました。測定器の構成や必要な機能を具体的に指示することで、比較的容易にプログラムを作成できました。ただし、生成されたプログラムについては、実機による動作確認と測定結果の検証が必要です。

本測定器は専用測定器の代替ではありませんが、設備振動への理解を深めることや、詳細な測定が必要な箇所を絞り込むことには有効です。安価なセンサーとマイコンを活用することで、企業における設備状態の見える化やデータ活用を始めるきっかけになればと考えています。(試作年月：令和 8 年 8 月)。

参考資料

- (1) https://wiki.seeedstudio.com/ja/Grove-3-Axis_Digital_Accelerometer-16g/
- (2) <https://docs.m5stack.com/ja/core/core2>
- (3) <https://docs.m5stack.com/ja/unit/accel>

問い合わせ：新潟県工業技術総合研究所
技術統括センター 斎藤 雄治
TEL：025-247-1320