



# VC 判定ライブラリ リファレンスマニュアル

1. 本評価ボード・キット、開発ツールは、お客様での技術的評価、動作の確認および開発のみに用いられることを想定し設計されています。それらの技術評価・開発等の目的以外には使用しないでください。本品は、完成品に対する設計品質に適合していません。
2. 本評価ボード・キット、開発ツールは、電子エンジニア向けであり、消費者向け製品ではありません。お客様において、適切な使用と安全に配慮願います。弊社は、本品を用いることで発生する損害や火災に対し、いかなる責も負いかねます。通常の使用においても、異常がある場合は使用を中止してください。
3. 本評価ボード・キット、開発ツールに用いられる部品は、予告なく変更されることがあります。

● 本資料のご使用につきましては、次の点にご留意願います。

本資料の内容については、予告なく変更することがあります。

1. 本資料の一部、または全部を弊社に無断で転載、または、複製など他の目的に使用することは堅くお断りします。
2. 弊社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に弊社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、弊社ホームページなどを通じて公開される最新情報に常にご注意ください。
3. 本資料に掲載されている応用回路、プログラム、使用方法などはあくまでも参考情報です。お客様の機器・システムの設計において、応用回路、プログラム、使用方法などを使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらに起因する第三者の知的財産権およびその他の権利侵害ならびに損害の発生に対し、弊社はいかなる保証を行うものではありません。また、本資料によって第三者または弊社の知的財産権およびその他の権利の実施権の許諾を行うものではありません。
4. 弊社は常に品質、信頼性の向上に努めていますが、一般的に半導体製品は誤作動または故障する場合があります。弊社製品のご使用にあたりましては、弊社製品の誤作動や故障により生命・身体に危害を及ぼすこと又は財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア、ソフトウェア、システムに必要な安全設計を行うようお願いします。なお、設計および使用に際しては、弊社製品に関する最新の情報(本資料、仕様書、データシート、マニュアル、弊社ホームページなど)をご確認いただき、それに従ってください。また、上記資料などに掲載されている製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価を行い、お客様の責任において適用可否の判断をお願いします。
5. 弊社は、正確さを期すために慎重に本資料およびプログラムを作成しておりますが、本資料およびプログラムに掲載されている情報に誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料およびプログラムに掲載されている情報の誤りによってお客様に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いかねます。
6. 弊社製品の分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製などは堅くお断りします。
7. 弊社製品は、一般的な電子機器(事務機器、通信機器、計測機器、家電製品など)および本資料に個別に掲載されている用途に使用されることを意図して設計、開発、製造されています(一般用途)。特別な品質、信頼性が要求され、その誤動作や故障により生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産侵害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある以下の特定用途に使用されることを意図していません。お客様に置かれましては、弊社製品を一般用途に使用されることを推奨いたします。もし一般用途以外の用途で弊社製品のご使用およびご購入を希望される場合、弊社はお客様の特定用途に弊社製品を使用されることへの商品性、適合性、安全性について、明示的・黙示的に関わらずいかなる保証を行うものではありません。

【特定用途】

宇宙機器(人工衛星・ロケットなど) / 輸送車両並びにその制御機器(自動車・航空機・列車・船舶など)

医療機器(本資料に個別に掲載されている用途を除く) / 海底中継機器 / 発電所制御機器 / 防災・防犯装置

交通用機器 / 金融関連機器

上記と同等の信頼性を必要とする用途

8. 本資料に掲載されている弊社製品および当該技術を国内外の法令および規制により製造・使用・販売が禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、弊社製品および当該技術を大量破壊兵器等の開発および軍事利用の目的その他軍事情況等に使用しないでください。弊社製品または当該技術を輸出または海外に提供する場合、「外国為替及び外国為替法」、「米国輸出管理規則(EAR)」、その他輸出関連法令を遵守し、係る法令の定めるところにより必要な手続きを行ってください。
9. お客様が本資料に掲載されている諸条件に反したことに起因して生じたいかなる損害(直接・間接を問わず)に関して、弊社は一切その責任を負いかねます。
10. お客様が弊社製品を第三者に譲渡、貸与などをしたことにより、損害が発生した場合、弊社は一切その責任を負いかねます。
11. 本資料についての詳細に関するお問合せ、その他お気付きの点などがありましたら、弊社営業窓口までご連絡ください。
12. 本資料に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

2022.08

©Seiko Epson Corporation 2023, All rights reserved.

## 商標

- EPSON はセイコーエプソン株式会社の登録商標です。
- その他の製品名は各社の商標または登録商標です。

# 目次

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 商標.....                            | 3  |
| 改訂履歴.....                          | 5  |
| 1. はじめに .....                      | 6  |
| 1.1. 機能概要 .....                    | 6  |
| 1.2. ライセンス .....                   | 7  |
| 1.3. 推奨実行環境 .....                  | 7  |
| 2. 処理アルゴリズム詳細 .....                | 8  |
| 2.1. 演算データの準備.....                 | 8  |
| 2.2. 1/n オクターブバンド周波数軸データ圧縮処理 ..... | 8  |
| 2.3. 平均化、VC 判定処理.....              | 8  |
| 2.3.1. single_data.....            | 8  |
| 2.3.2. average_data .....          | 8  |
| 2.3.3. vc 判定処理 .....               | 8  |
| 3. API .....                       | 9  |
| 3.1. ファイル構成 .....                  | 9  |
| 3.2. 使用ライブラリ .....                 | 9  |
| 3.3. クラス.....                      | 9  |
| 3.4. メソッド.....                     | 9  |
| 3.4.1. コンストラクタ .....               | 9  |
| 3.4.2. 演算.....                     | 10 |
| Appendix A 各オクターブバンドの周波数設定 .....   | 12 |
| (1) 1/3 オクターブバンド .....             | 12 |
| (2) 1/6 オクターブバンド .....             | 12 |
| (3) 1/12 オクターブバンド .....            | 12 |
| Appendix B VC 判定の判定値 .....         | 13 |
| お問い合わせ .....                       | 14 |

改訂履歴

| Rev. No. | 改訂日       | Page | 改訂内容                            |
|----------|-----------|------|---------------------------------|
| 20250221 | 2025/2/21 | ALL  | 初版制定（MSG004-001a_v1.0.0 に対応します） |

# 1. はじめに

## 1.1. 機能概要

本ライブラリは、ISO 2631 に基づく精密機器の速度応答に関する論文

Generic Vibration Criteria for Vibration-Sensitive Equipment, Colin G. Gordon, SPIE99  
に基づき、精密機器の振動を評価するライブラリです。

入力の3軸加速度値[G]を周波数軸で 1/n (n=3,6,12) オクターブバンドでデータ圧縮して出力します。出力単位は加速度[G]と速度[mm/s]が選択できます。各オクターブバンドの中心周波数、下限周波数、上限周波数の計算式を Appendix A に示します。各下限周波数～上限周波数の範囲の FFT 結果の総和をその中心周波数の強度とします。

また、加速度入力を速度に変換した3軸合成速度[mm/s]から、最大速度について 1/3 オクターブバンド周波数毎に VC 判定を行い、その結果 (Over A, A～G) を出力します。

("Over A" は評価速度が判定速度 level A より大きいことを示します。"A" は評価速度が判定速度 level B より大きく level A 以下であることを示します。以下 "B"～"F"は同様に、"G"は評価速度が判定速度 level G 以下であることを示します。)

1/3 オクターブバンド周波数毎の VC 判定値を Appendix B に示します。

各判定レベルの、精密機器に対する見解については上記論文を参照してください。

参考として各判定値をトリパタイト表示したものを図-1 に示します。

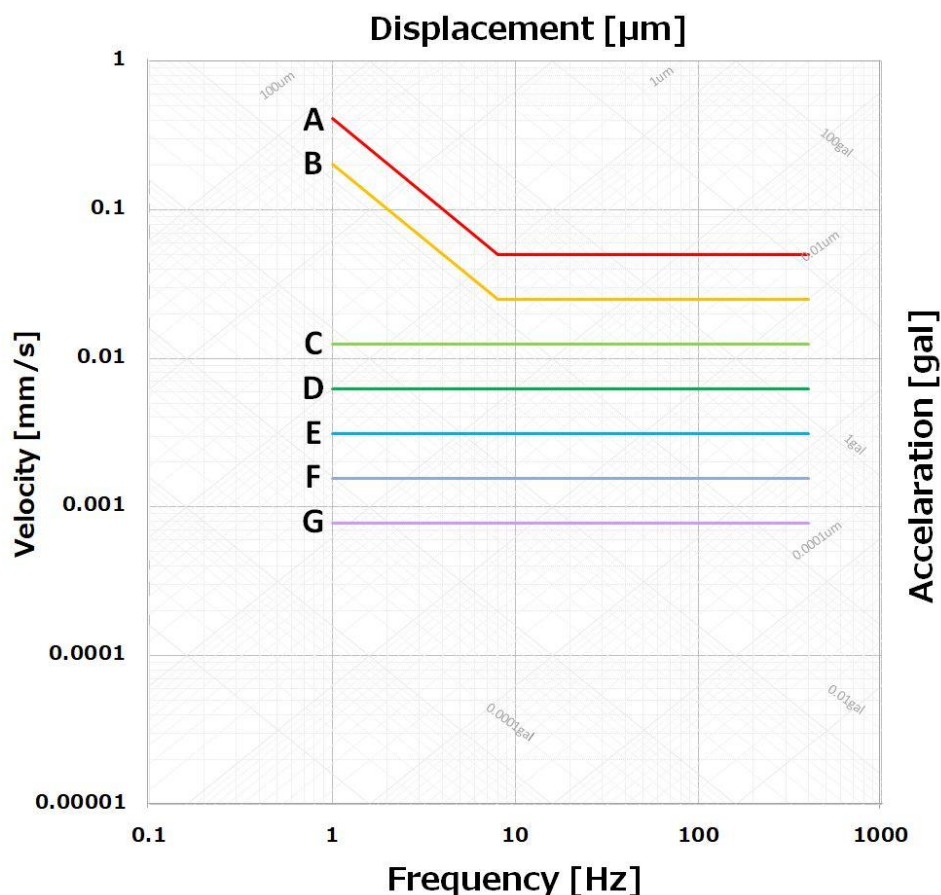


図 1-1

## 1.2. ライセンス

ライセンスは各ソースコードのヘッダに記載されています。

## 1.3. 推奨実行環境

Raspberry Pi 4B 4GB か、これ以上の CPU パフォーマンス、メモリー容量のある機種  
(Raspberry Pi 4B 8GB で動作確認済みです)

## 2. 処理アルゴリズム詳細

下記の手順で演算します。

### 2.1. 演算データの準備

1. 設定パラメータに従って、オクターブバンド周波数テーブルを作成します。
2. オクターブバンド周波数テーブルと FFT のサイズから、FFT 出力結果の、オクターブバンド境界の位置を示すテーブルを作成します
3. exec\_size のデータ入力毎に、fft\_size の蓄積されたデータを使用して 1/n オクターブバンド周波数軸データ圧縮処理及び VC 判定処理を実施します（従って、初回の演算は fft\_size のデータが蓄積されてから実施されます）。

### 2.2. 1/n オクターブバンド周波数軸データ圧縮処理

1. 対象データの平均バイアス計算を行います。
2. 各データから平均バイアスを引き、ハニング窓計算を行います。
3. FFT パワースペクトル演算を行います。
4. パーセバルの定理によるパワースペクトル値の調整を行います。
5. 1/n オクターブバンド範囲毎にパワースペクトルを積算し、平方根をとります。
6. 速度出力の場合は、ここで加速度[G]→速度[mm/s]変換処理を行います。

### 2.3. 平均化、VC 判定処理

#### 2.3.1. single\_data

1/n オクターブバンド周波数軸圧縮データを出力します。

データ出力レートは  $1000 / \text{exec\_size}$  [data/sec] になります。

#### 2.3.2. average\_data

1/n オクターブバンド周波数軸圧縮データを avr\_size 回平均した値を出力します。

データ出力レートは  $1000 / (\text{exec\_size} * \text{avr\_size})$  [data/sec] になります。

#### 2.3.3. vc 判定処理

single\_data, average\_data の出力タイミングで VC 判定処理を行い、その結果を出力します。

1. 3 軸の 1/n オクターブバンド周波数軸圧縮データを合成します。
2. 加速度出力の場合は、ここで加速度[G]→速度値[mm/s]変換処理を行います。
3. 最大速度、最大速度の中心周波数を求めます。
4. 中心周波数（1/3 オクターブバンド中心周波数）における判定値で最大速度を判定し、VC 判定値で出力します。

## 3. API

### 3.1. ファイル構成

1. **vc\_calc.py** : VC 判定処理
2. **vc\_constant.py** : VC 判定処理で使用する定数定義
3. **vc\_data.py** : VC 判定ライブラリ入出力データの定義

### 3.2. 使用ライブラリ

1. numpy ver.1.23.5

### 3.3. クラス

1. VcCalc

### 3.4. メソッド

#### 3.4.1. コンストラクタ

##### 3.4.1.1. 実行例

```
try:
    vc_calc = VcCalc(fft_size, exec_size, avr_size, data_type, oct_band, data_rate)
except ValueError as err:
    # [エラー時処理]
```

##### 3.4.1.2. パラメータ

表 3-1

| パラメータ     | 内容                   | デフォルト値      | 有効範囲 (※)                                  |
|-----------|----------------------|-------------|-------------------------------------------|
| fft_size  | FFT 演算ポイント数          | 10000       | 2000～40000<br>fft_size % 2 = 0            |
| exec_size | 演算実行入力 (加速度)<br>データ数 | 1000        | 1000～fft_size<br>fft_size % exec_size = 0 |
| avr_size  | vc 平均出力の平均数          | 30          | 10～50                                     |
| oct_band  | オクターブバンド種類           | 1/3 octBand | 1/3 octBand, 1/6 octBand, 1/12 octBand    |
| data_type | 出力データタイプ             | Velocity    | Acceleration, Velocity                    |
| data_rate | 入力データレート             | 1000 sps    | 1000 sps のみ                               |

(※)有効範囲外の場合、ValueError を返します。(エラー毎にメッセージが異なります)

##### 3.4.1.3. 推奨設定

データ圧縮による誤差は、1/3 octBand > 1/6 octBand > 1/12 octBand となります。但し数 Hz 以下では、fft\_size の選択により、1/3 octBand < 1/6 octBand < 1/12 octBand となる場合があります。また、fft\_size の値を増やすと Raspberry Pi の CPU 負荷やメモリー負荷を増大させます。

oct\_band と fft\_size の組み合わせは下記を推奨します。

表 3-2

| oct_band     | fft_size |
|--------------|----------|
| 1/3 octBand  | 10000    |
| 1/6 octBand  | 20000    |
| 1/12 octBand | 40000    |

## 3.4.2. 演算

### 3.4.2.1. 実行例

```
measure_data = MeasureData()  
# [加速度センサーデータを measure_data に設定]  
result_sgl, result_avr = vc_calc.calc(measure_data)  
if result_sgl.done:  
    # [single_data に関する処理]  
if result_avr.done:  
    # [average_data に関する処理]
```

### 3.4.2.2. パラメータ

表 3-3

センサーデータ : (dataclass) MeasureData

| パラメータ       | データ型  | 内容      | 単位 | 備考         |
|-------------|-------|---------|----|------------|
| index       | int   | (未使用)   | —  | —          |
| count       | int   |         |    |            |
| temperature | float |         |    |            |
| x           | float | X 軸加速度値 | G  | 1000sps 固定 |
| y           | float | Y 軸加速度値 |    |            |
| z           | float | Z 軸加速度値 |    |            |
| flag        | int   | (未使用)   | —  |            |

### 3.4.2.3. リターン

- ・演算結果 (single\_data) : (datclass) VcCalcResult
- ・演算結果 (average\_data) : (datclass) VcCalcResult

(1) data\_type = Acceleration の場合

表 3-4

| パラメータ          | データ型        | 内容                                      | 単位 |
|----------------|-------------|-----------------------------------------|----|
| <b>c</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の加速度リスト (3 軸合成値)           | G  |
| <b>x</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の加速度リスト (X 軸)              | G  |
| <b>y</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の加速度リスト (Y 軸)              | G  |
| <b>z</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の加速度リスト (Z 軸)              | G  |
| <b>max_v</b>   | float       | 最大加速度 (1/n オクターブバンド範囲の総和)               | G  |
| <b>max_f</b>   | float       | 最大周波数<br>(最大加速度となった 1/n オクターブバンドの中心周波数) | Hz |
| <b>done</b>    | bool        | 処理実行完了 (データ更新)                          | —  |
| <b>avr_num</b> | int         | 平均処理実行回数 (single モードでは 常に 0)            | 回  |
| <b>vc_lvl</b>  | str         | vc 判定結果 ('OA'~'G')                      | —  |

(2) data\_type = Velocity の場合

表 3-5

| パラメータ          | データ型        | 内容                                     | 単位   |
|----------------|-------------|----------------------------------------|------|
| <b>c</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の速度リスト (3 軸合成値)           | mm/s |
| <b>x</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の速度リスト (X 軸)              | mm/s |
| <b>y</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の速度リスト (Y 軸)              | mm/s |
| <b>z</b>       | List[float] | 1/n オクターブバンド毎の速度リスト (Z 軸)              | mm/s |
| <b>max_v</b>   | float       | 最大速度 (1/n オクターブバンド範囲の総和)               | mm/s |
| <b>max_f</b>   | float       | 最大周波数<br>(最大速度となった 1/n オクターブバンドの中心周波数) | Hz   |
| <b>done</b>    | bool        | 処理実行完了 (データ更新)                         | —    |
| <b>avr_num</b> | int         | 平均処理実行回数 (single モードでは 常に 0)           | 回    |
| <b>vc_lvl</b>  | str         | vc 判定結果 ('OA'~'G')                     | —    |

## Appendix A 各オクターブバンドの周波数設定

### (1) 1/3 オクターブバンド

- $f_{center} = 2^{(n/3)}$
  - $f_{min} = 2^{((n-0.5)/3)}$
  - $f_{max} = 2^{((n+0.5)/3)}$
- ( $n=0\sim 26$ )

### (2) 1/6 オクターブバンド

- $f_{center} = 2^{(n/6)}$
  - $f_{min} = 2^{((n-0.5)/6)}$
  - $f_{max} = 2^{((n+0.5)/6)}$
- ( $n=0\sim 53$ )

### (3) 1/12 オクターブバンド

- $f_{center} = 2^{(n/12)}$
  - $f_{min} = 2^{((n-0.5)/12)}$
  - $f_{max} = 2^{((n+0.5)/12)}$
- ( $n=0\sim 107$ )

## Appendix B VC 判定の判定値

| 1/3octband   | VC 判定速度 [mm/s] |         |         |         |         |         |         |
|--------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| fcenter [Hz] | level A        | level B | level C | level D | level E | level F | level G |
| 1.000000     | 0.41           | 0.203   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 1.259921     | 0.32           | 0.161   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 1.587401     | 0.26           | 0.128   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 2.000000     | 0.2            | 0.101   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 2.519842     | 0.16           | 0.081   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 3.174802     | 0.13           | 0.064   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 4.000000     | 0.1            | 0.051   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 5.039684     | 0.08           | 0.04    | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 6.349604     | 0.06           | 0.032   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 8.000000     | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 10.079368    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 12.699208    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 16.000000    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 20.158737    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 25.398417    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 32.000000    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 40.317474    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 50.796834    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 64.000000    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 80.634947    | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 101.593667   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 128.000000   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 161.269894   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 203.187335   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 256.000000   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 322.539789   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |
| 406.374669   | 0.05           | 0.025   | 0.0125  | 0.00625 | 0.00313 | 0.00156 | 0.00078 |

## お問い合わせ

セイコーエプソン株式会社

営業本部 MD 営業部

インターネットによるお問い合わせ先

[https://www.epson.jp/prod/sensing\\_system/contact/](https://www.epson.jp/prod/sensing_system/contact/)