

目次

| | |
|--------------------|----|
| 1. 概要 | 3 |
| 2. インフラサウンド | 4 |
| 2.1 周波数 | 4 |
| 2.2 分解能 | 4 |
| 2.3 低周波騒音との違い | 4 |
| 3. 基本仕様 | 5 |
| 3.1 諸元 | 5 |
| 3.2 各部の名称・機能 | 5 |
| 3.3 RS232C | 6 |
| 3.4 液晶表示部 | 6 |
| 4. 構成と性能 | 7 |
| 4.1 インフラサウンドセンサーコア | 7 |
| 4.2 加速度センサー | 7 |
| 4.3 GPS 部 | 8 |
| 4.4 電源電圧モニター | 8 |
| 4.5 モニタリング部 | 8 |
| 5. ソフトウェア | 9 |
| 5.1 ソフトウェアの入手 | 9 |
| 5.2 事前準備～ソフトウェアの設定 | 9 |
| 5.3 津波検出 | 10 |
| 5.4 測定開始 | 11 |
| 5.5 測定停止 | 13 |
| 5.6 津波検出 | 14 |
| 6. 測定時の注意事項 | 16 |
| 6.1 雑音 | 16 |
| 6.2 より詳細で連続長期の測定 | 17 |
| 6.3 風の影響を除去 | 19 |
| 7. シリアルデータ構造 | 20 |
| 7.1 送信するデータ形式 | 20 |
| 7.2 データ構造 | 20 |
| 8. 実際のデータ | 21 |
| 8.1 衝撃波と長周期三角波 | 21 |
| 8.2 津波検出時の波形 | 22 |
| 8.3 複合波 | 23 |
| 8.4 AC データの活用 | 24 |
| 9. 注意点等 | 24 |

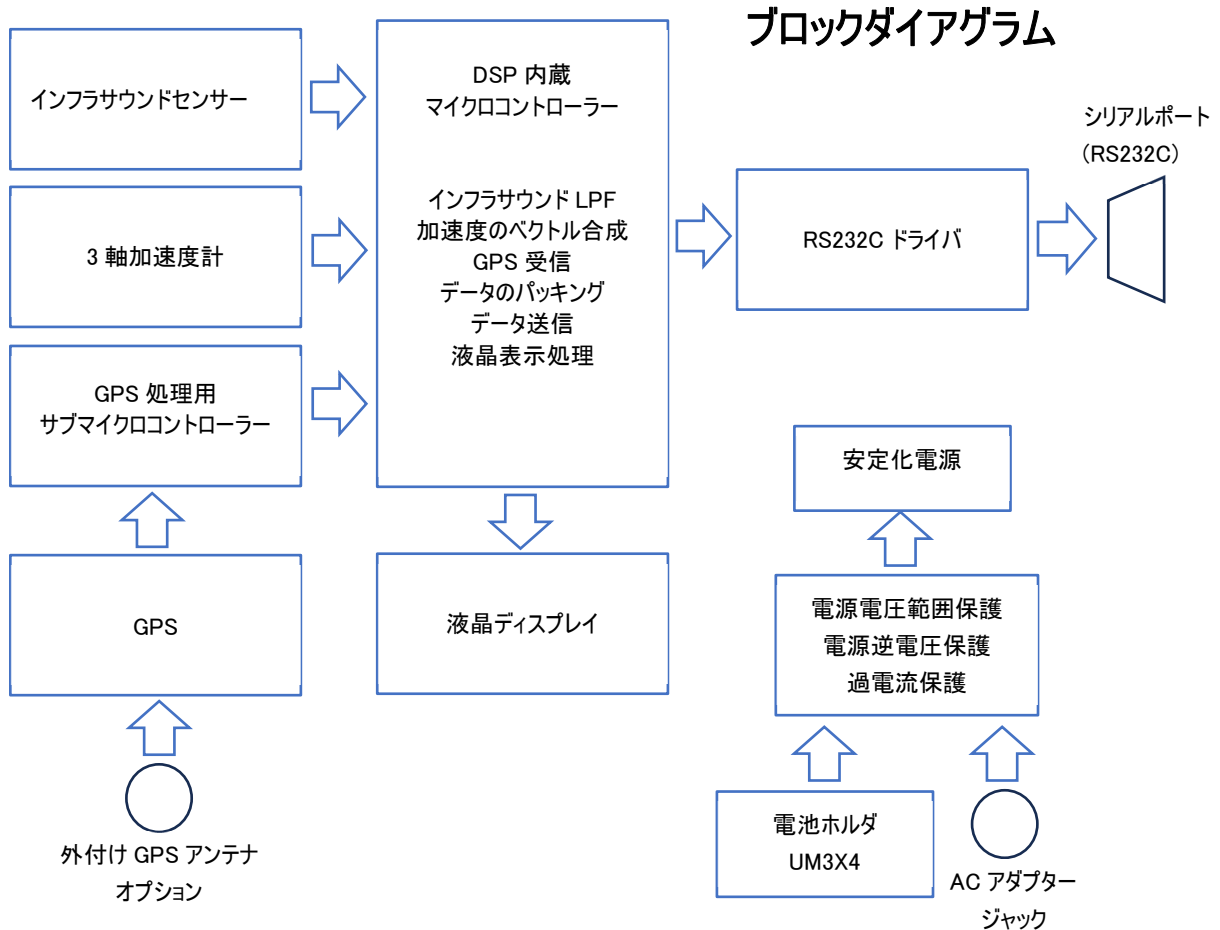
製品を安全にお使いいただくために

- お客様や他の人々への危害や財産への損害を未然に防ぎ、本製品を安全にお使いいただくために、守っていただきたい事項を説明しています。正しく使用するために必ずお読みになり、内容を良く理解された上でお使いください。
- 注意点を、必ずお守りください。
- 本製品は、予告なく仕様変更を行う場合があります。
- 本製品をご使用になるには、コンピュータ、ハードウェア、ソフトウェアの知識が必要です。
- 本製品は、静電気に弱いので、コネクタ部分などに触らないで下さい。
- 本製品に、強い衝撃や応力を与えないでください。
- 本製品を、高温多湿、粉塵の多い環境、落雷の多い環境や水没する可能性のある環境で運用しないでください。防水防塵仕様ではありません。
- 本製品は、厳重な品質管理のもとに製造しておりますが、故障等により、設備への重大な被害、損失の発生が予想される場合、安全対策を施して下さい。

1.概要

本製品は、インフラサウンドセンサーに、3軸加速度計、GPSユニットを一体にしたもので、RS232C インターフェースで PC 等に接続します。電池駆動可能なポータブルタイプです。

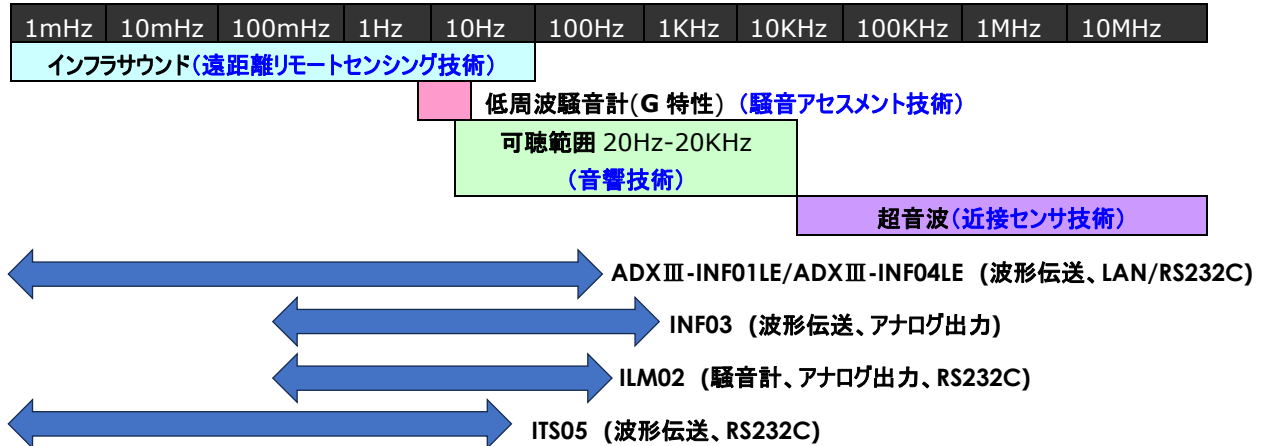
インフラサウンドセンサーは、DC(気圧)～約 30Hz の帯域と 10mPa 以下の分解能を持っています。また Windows 版ロガーアプリ(Its05Logger.exe)を無償提供します。このアプリは、トレンドグラフ表示、FTP転送、指示値のモニタリングなどの機能を有するほか、加速度から地震を検知して、その後のインフラサウンド偏移から、津波を推論するソフトウェア(特許第 5660586 号に基づく)を付属します。



2.インフラサウンド

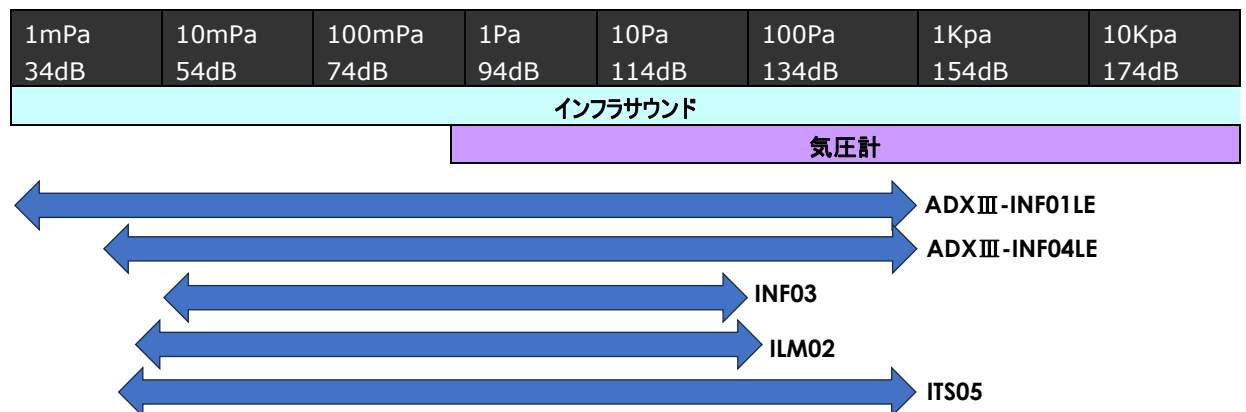
2.1 周波数

インフラサウンドは、可聴域(20 Hz～20 kHz)より低い周波数(1mHz～100 Hz)の音を示し、地球物理や巨大構造物に関する様々な状態を把握出来ます。例えば、津波・噴火・地震・土砂崩れ・隕石や人工衛星の大気圏突入・各種人工騒音(風力発電・爆発音・核実験等)などが挙げられます。音は低周波数ほど遠くに届く性質があり、インフラサウンドを使えば遠方で生じる現象を把握できます。インフラサウンドは、マイクロホンで扱う周波数帯域よりも低い周波数を扱うので、専用のセンサーが必要になります。



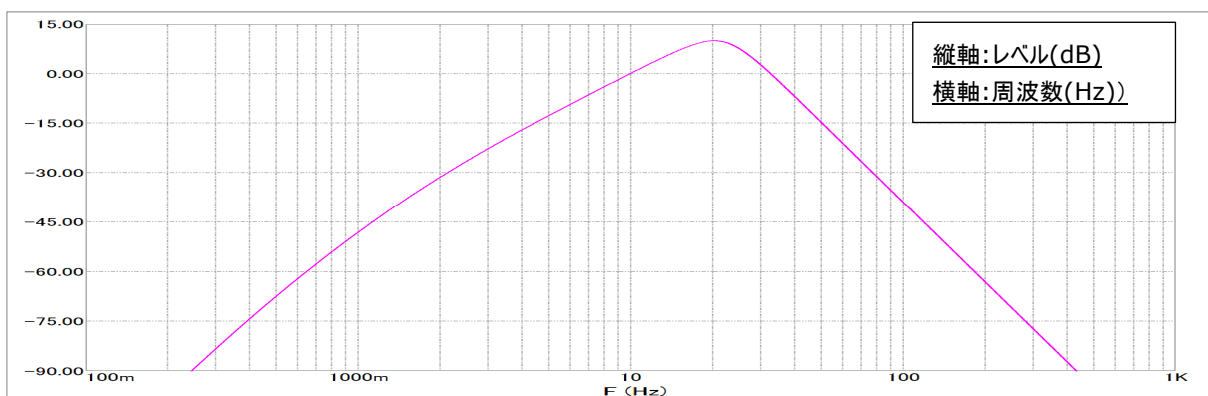
2.2 分解能

一般的な気圧計の分解能は1Pa程度です。対してインフラサウンドセンサで検出したい分可能は100～1mPaオーダーと微小です。



2.3 低周波騒音との相違

低周波騒音計は、通常のマイクロホンに G 特性という聴感補正フィルタを組み合わせしており、20Hz 付近の低周波音を強調する騒音計です。よってインフラサウンド帯域の測定はできません。



3.基本仕様

3.1 諸元

| | |
|-------|---|
| 寸法 | :W101×D151×H40mm (コネクタおよびスイッチ突起含まず) |
| 重量 | :370g (電池含まず) |
| 電源 | :単三電池x4 または 専用 AC アダプタ(DC9V) |
| 消費電力 | :70mWrms (代表値) |
| 周囲温度 | : -10~60°C (動作時) -20~125°C (保存時) :液晶部動作の為の動作範囲 0~50° |
| 周囲湿度 | :10~90%RH(動作時:結露なきこと) |
| 通信方式 | :RS232C |
| 防水・防滴 | :防水、防滴使用ではありません |
| 型番 | :ITS05 |

3.2 各部の名称・機能



- ① エアインテーク(エアベント=音の入り口です)
- ② 液晶表示部
- ③ DC 電源入力
(専用 AC アダプタのみを利用して下さい)
- ④ 電源スイッチ(下方向で ON、上方向で OFF)
- ⑤ RS232C コネクタ
- ⑥ 外部アンテナコネクタ
- ⑦ 電池ケース(単 3x4 本)
外部ゴムケースを外さないと外せません

3.3 RS232C

ピン配置は以下の通りです。ケーブルは、クロスケーブル(インターリンク用)を用いるか、RS232C～USB 変換ケーブルを用いてください。

| ピン番号 | 内容 |
|-------------|------------|
| 1 | 未接続 |
| 2 | 未接続 |
| 3 | TXD(出力) |
| 4 | 未接続 |
| 5 | GND(グラウンド) |
| 6 | 未接続 |
| 7 | 未接続 |
| 8 | 未接続 |
| 9 | 未接続 |
| DSUB9pin オス | |

シリアルポートの設定は以下の通りです。USB アダプタは 115.2Kbps 対応品が必須です。

| | |
|------------------|--------------|
| 通信速度 | 115.2Kbps |
| データ長さ | 8Bit |
| パリティ | なし |
| ストップビット | 1 |
| 大まかなサンプリングレートの目安 | 84Hz (84SPS) |

サンプリングレートは、通信状態(負荷)により前後します。
またディスクスリープなどでデータを書き込めないと、その期間のデータを損失します。
測定時にはディスクスリープの無い環境でご利用ください。

3.4 液晶表示部

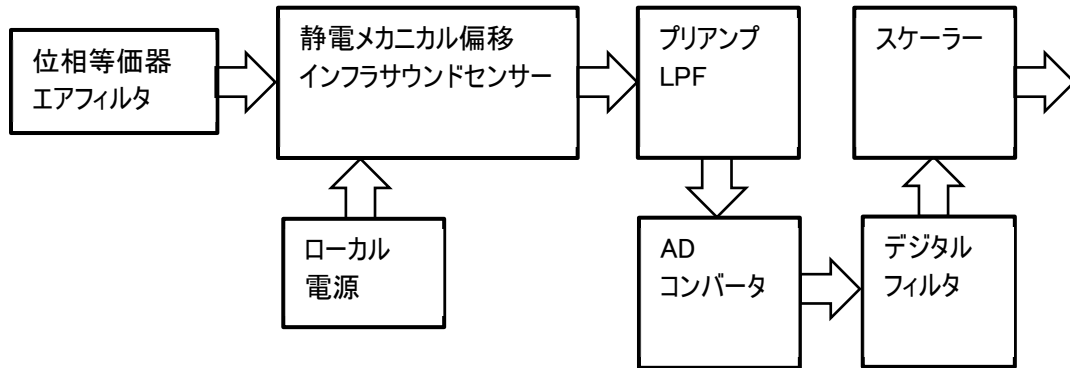
液晶表示部は 2 行。上段が測定値、下段が GPS 時刻および電池残量です。



4.構成と性能

4.1 インフラサウンドセンサーコア

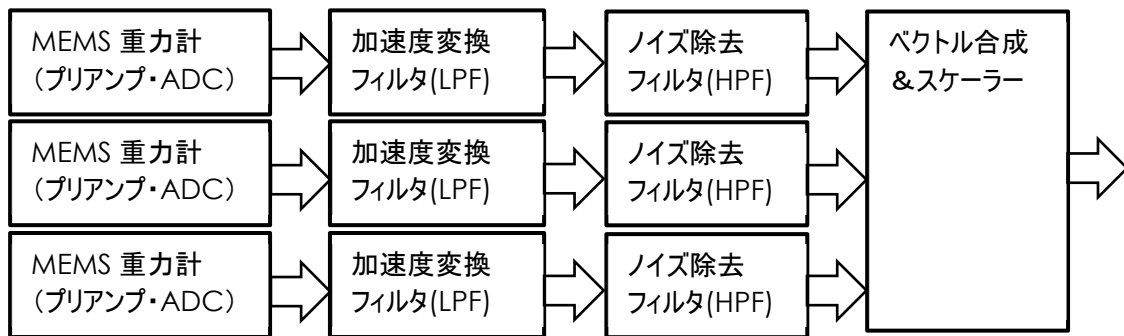
インフラサウンドセンサーは DC~1000Hz までの広い周波数特性を持ち、1mPa の最小分解能を持ちます。RS232C 転送レートにより実際の周波数特性は 30Hz が上限となります。



| | | |
|-------|---------------------------------|--------------|
| 周波数特性 | : DC~30Hz | |
| 最小分解能 | : 1mPa (設計値) | |
| 測定範囲 | : 1000hPa ± 260hPa | 0.2Hz 以下(DC) |
| | : ↑ ± 71.1Pa (128dB=50.2Pa rms) | 0.2Hz 以上(AC) |
| 雑音レベル | : ± 29.7mPa (21mPa rms) | 0.2Hz 以下(DC) |
| | : ± 4.40mPa (44dB=3.2mPa rms) | 0.2Hz 以上(AC) |
| S/N 比 | : 118.84dB | 0.2Hz 以下(DC) |
| | : 84.16dB | 0.2Hz 以上(AC) |

4.2 加速度センサー

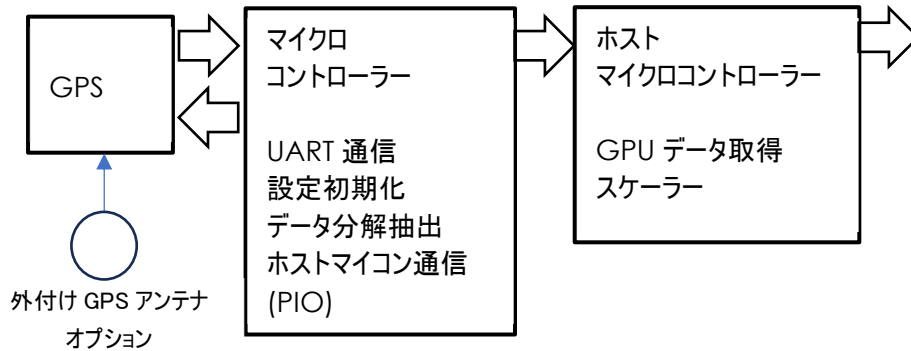
3 軸(XYZ) 重力計の値を加速度に変換、ノイズ除去した上で 3 軸ベクトル合成。



| | |
|-------|-----------------|
| 測定レンジ | : 0~1960Gal |
| 周波数特性 | : 0.1Hz~30Hz |
| ノイズ | : 1.5Gal rms |
| 最小分解能 | : 0.001Gal(設計値) |
| S/N 比 | : 62.3dB |

4.3 GPS 部

GPS からのデータから、必要なデータを抽出します。
装置本体に内蔵しているの、外部アンテナを利用できます。



| | |
|----------|---------------|
| 感度 | : -165dBm |
| 最大チャンネル | : 66 |
| 最大更新レート | : 10Hz |
| 規格 | : NMEA / PMTK |
| アンテナコネクタ | : SMA 雌 |

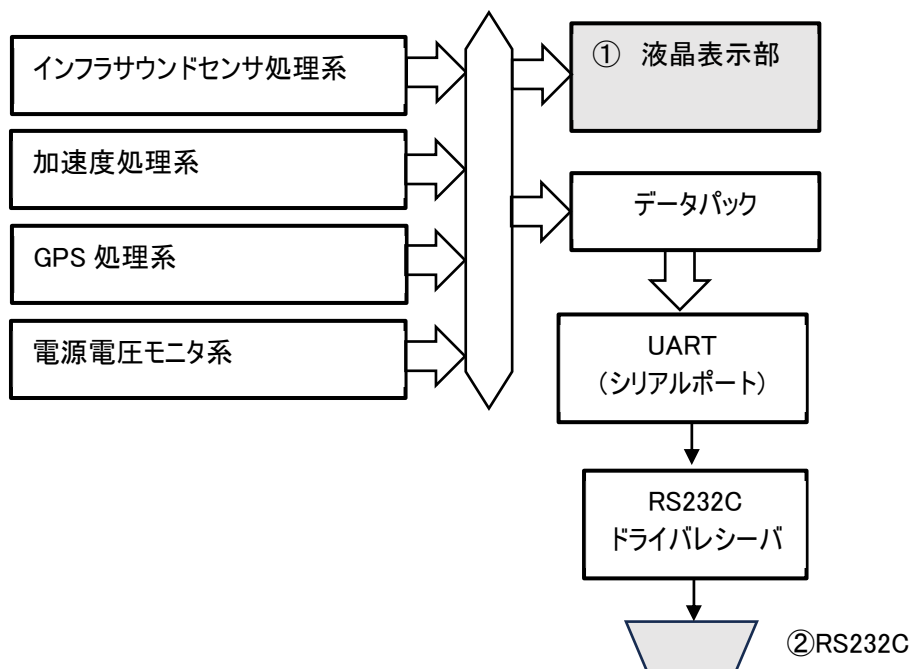


4.4 電源電圧モニター

| | |
|---------|---|
| 本体液晶表示 | : 5 段階 (5.8V 以上 / 5.8-5.6V / 5.6-5.4V / 5.4-5.2V / 5.2V 未満) |
| シリアルデータ | : 6V~4.4V を 100%~0%として 12.5%区切 |

4.5 モニタリング部

測定値のモニタリング方法は、①液晶表示部、②RS232C の 2 系統です。



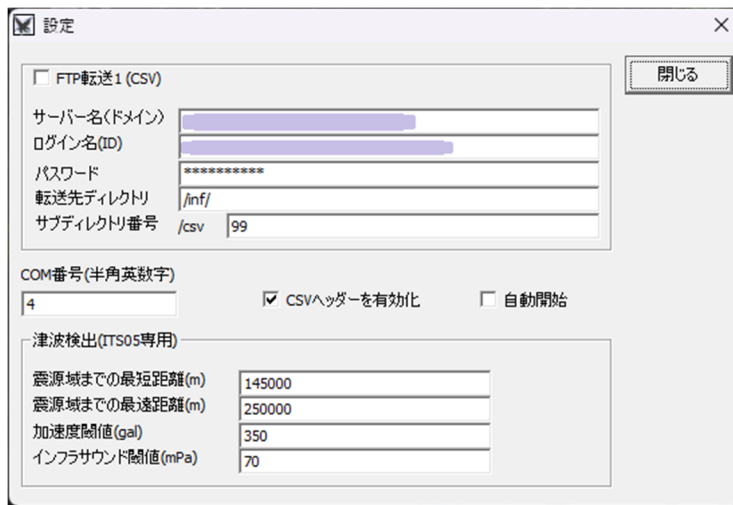
5.ソフトウェア

5.1 ソフトウェアの入手

付属している書面のソフトウェアダウンロード先から、ソフトウェアをダウンロードし、同書面記載の、パスコードで zip ファイルを解凍してください。ITS05Software というフォルダ下に、ソフトウェア一式が解凍されます。これを運用したいドライブ、フォルダにコピーしてください。(インストール作業は不要です)

5.2 事前準備～ソフトウェアの設定

ITS05 を PC に接続し起動します。大半の PC にはシリアルポートがないので、USB シリアルアダプターを使用する事が多いと思います。Windows のデバイスマネージャーで ITS05 を接続したリアルポートの COM 番号を記録してください。“ITS05Software¥InfConfr05.exe”を起動し、主要な設定を行います。COM 番号が正しく設定できないと、ITS05 に接続できません。文字は全て半角英数字です。



COM 番号の検索補法

- ① スタートボタン右クリック→
- ② デバイスマネージャー→
- ③ ポート(COMとLPT)→
- ④ 接続しているデバイス名(COMxx)→
このCOMxxのxxがCOM番号

<ITS05 接続設定>

COM 番号(半角英数字) PC の RS232C または USB シリアル の COM 番号

<FTP 転送関連: データを WEB サーバーに送る>

| | |
|-------------|-----------------------------|
| FTP 転送 | 測定データを FTP サーバに転送する場合チェック。 |
| サーバー名(ドメイン) | FTP サーバの、サーバ名 |
| ログイン名(ID) | FTP サーバに、ログインする ID |
| パスワード | FTP サーバに、ログインするパスワード |
| 転送先ディレクトリ | FTP サーバの、ディレクトリ名 |
| サブディレクトリ番号 | FTP サーバの、サブディレクトリ名(数値 1-99) |

サーバー名:ftp.infrasound-test.co.jp、転送先ディレクトリ:/inf/、サブディレクトリ番号: 99 とした場合 ftp.infrasound-test.co.jp/inf/csv/99 にYYYY_MM_DD フォルダが生成され(YYYY 年、MM 月、DD 日) IDhh_mm_ss.csv ファイルが保存されます。(hh 時、mm 分、ss 秒) /inf/のスラッシュはサーバーにより不要な場合があります。

<測定諸条件>

| | |
|-------------|---|
| CSV ヘッダを有効化 | データログファイル(CSV ファイル)の一番先頭行のヘッダの ON/OFF 複数ファイルを連結する場合、邪魔になるので OFF できます。 |
| 自動開始 | アプリ起動したら、すぐに測定開始するか否か。 |

<津波検知>

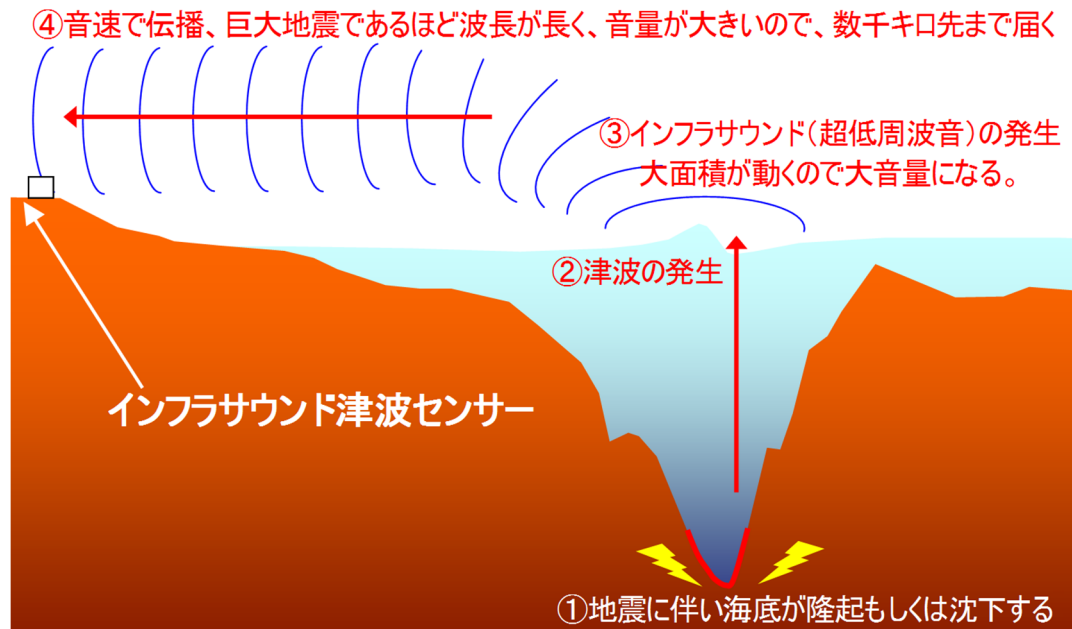
震源域までの最短距離(m)
 震源域までの最遠距離(m)
 加速度閾値(gal)
 インfrasound閾値(mPa)

検出したい震源域(トラフ)までの最短距離を設定します。
 検出したい震源域(トラフ)までの最遠距離を設定します。
 津波を発生させる、大地震の加速度下限を設定します。
 津波で発生するインfrasoundの下限を設定します。
 晴天の日に、実際に装置を揺らしてみても、アラートが発生するか
 しないかの境界あたりで設定するのが良いと思われる。

5.3 津波検出の基礎

地震と津波とインfrasound

本ソフトウェアは、プレート境界型の巨大地震に伴う津波から発生するインfrasoundを検出する仕組みを導入しています。上の“津波検知”設定を行うには、地震と津波、インfrasoundの関係の理解が必要です。以下は、地震→津波→インfrasoundの発生原理です。地震で海面が上下動し津波が発生しますが、海面の上下動は数十～数百 Km スケールの巨大スピーカーと等価であり、超低周波音、つまりインfrasoundが発生します。そして津波を伴う地震はトラフ(海溝)付近で発生するので、観測点(お住まいの地域)と、トラフの距離が分かれば、インfrasoundの到達時刻が予測できます。具体的には“震源までの距離÷音速(340m/sec)”が地震発生からインfrasound到達での時差になります。震源といってもトラフは縦長で幅もあるので、設定する距離は最短と最遠の2つあるわけです。(特許第 5660586 号)



地震の強さと津波

甚大な被害をもたらす巨大津波は、大半が大地震で発生します。よって大地震か小地震を分別するための加速度の閾値があります。閾値以下の地震で津波検出を行わない事で誤検出を防止します。津波を伴う地震の加速度のサンプルは以下の通りです。

| 日付 | 地震名 | 場所 | 条件 | 加速度(gal) |
|-----------|--------|--------|----|----------|
| 2011.3.11 | 東日本大震災 | 宮城県栗原市 | 最大 | 2933 |
| 2011.3.11 | 東日本大震災 | 宮城県仙台市 | 最大 | 1808 |
| 2011.3.11 | 東日本大震災 | 福島県白河市 | 最大 | 1425 |
| 2011.3.11 | 東日本大震災 | 茨城県鉾田市 | 最大 | 1762 |
| 2011.3.11 | 東日本大震災 | 宮城県仙台市 | 平均 | 300-800 |
| 2003.9.26 | 十勝沖地震 | 北海道広尾町 | 最大 | 986 |

マグニチュードとインフラサウンドの関係性

地震の規模を示す指標に、マグニチュードと震度(加速度)があります。全体のパワーを示すマグニチュードに対し、震度は局所的強さを示します。津波によるインフラサウンドはマグニチュードに依存する傾向が強いです。

- ・インフラサウンドが低周波ほど減衰せず遠方に伝搬する傾向がある。
- ・周波数の低さは震源の大きさを示し、これはマグニチュード相当である。
- ・津波自体、海底の動きを、膨大な海水で積分したに等しい。

またマグニチュードは対数なので 1.0 の違いで 31.6 倍程の差異があります。ゆえに
東日本大震災のマグニチュード 9.0 でインフラサウンドは 20Pa だったので、
マグニチュード 8.0 では → インフラサウンドは 0.63Pa 程度
マグニチュード 7.0 では → インフラサウンドは 0.02Pa 程度

と指数関数的にインフラサウンド振幅が減少します。気象的な気圧変化(ノイズ)を考慮すると、マグニチュード 8 以下ではインフラサウンドで津波検出を行うのは難しいと思います。同様にプレート境界型地震でマグニチュード 8 以下だと津波も極端に小さくなります。こうした小津波を分別できるので、いわゆるオオカミ少年的な検出にならない点が良いと思います。

誤作動の可能性

より完全な津波検知には複数台のインフラサウンドセンサーを連携させ、震源に指向性を持たせる開口合成システムを構築する必要があります。ITS05 単体では、気象的気圧変化や風の影響などを受けて誤作動(津波を認識できず or 津波発生していないが津波と誤認)する可能性があります。よって海から近い地域で

- ① 海溝付近での大地震が発生した
- ② 近海で直下型大震が発生した
- ③ 震源が不明だが大地震が発生した

以上の場合、安全な高所に逃げるのが基本です。また津波が発生しなくても、津波アラートが起動する可能性もあります。

5.4 ソフトウェア起動～測定

“ITS05Software¥Its05Logger.exe”を起動します。ITS05 と接続し、各種数値が動き始めます。最初ボタン類はグレーアウトして操作できませんが 5 秒程度で、押せるようになります。この設定ボタンクリックでも、前記の設定が行えます。初回は必ず“ITS05Software¥InfConfr05.exe”で設定してください。



プロジェクトボタンをクリックすると、以下の 3 項目をメモできます。この内容は csv ヘッダに記載されます。

プロジェクト

プロジェクト名 開じる

担当者名

コメント

CSVヘッダを無効の場合、CSVファイル名最後尾にコメント分が連結されます
従って、CSVヘッダ無効時には、コメントは短く、かつ半角英数字だけにしよう推奨します

測定開始ボタンをクリックすると、測定データをトレンドグラフに描画します。また

LogFile¥YYYY_MM_DD¥IDhh_mm_ss.csv

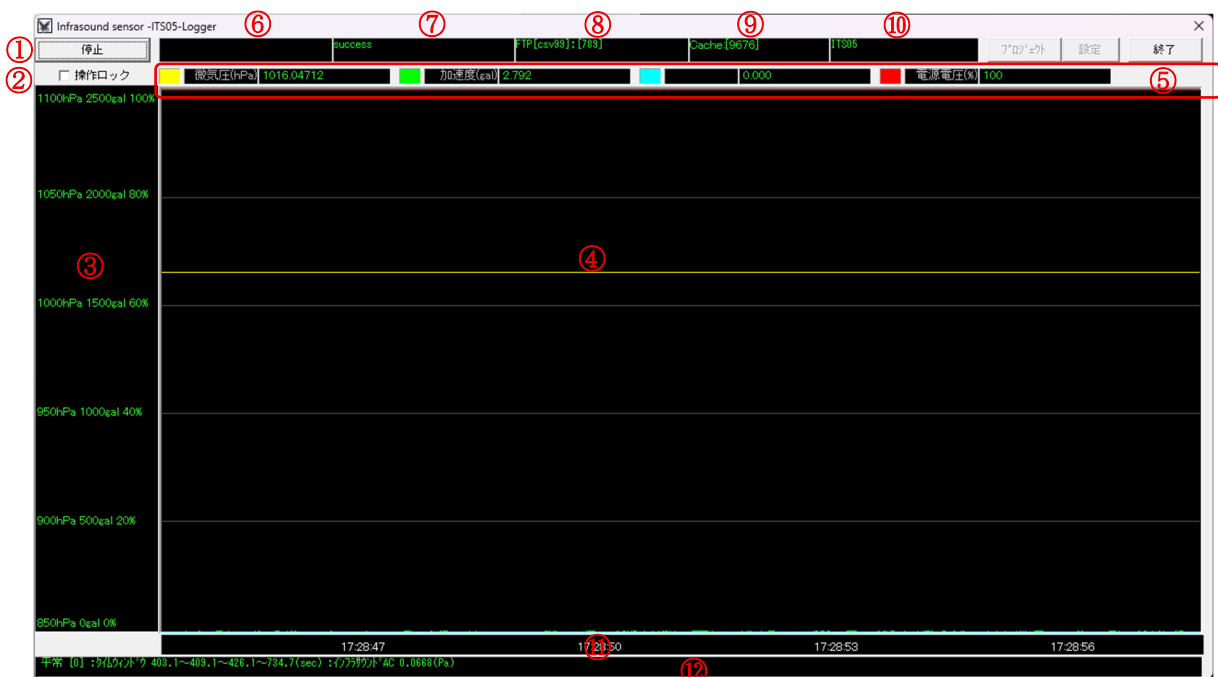
というフォルダ、ファイル名で、ログファイルを記録保存します。

(YYYY 年、MM 月、DD 日、hh 時、mm 分、ss 秒)

ファイルは約 16000 サンプル毎に、更新され、同時に FTP サーバーにもアップロードされます。

通信途絶、電源遮断などがあつた場合でも、回復すれば自動的に再接続します。

メイン画面の機能は以下の通りです。



- ① 測定開始、停止ボタン
- ② 操作ロック(チェックすると測定の停止ができなくなります)
- ③ 縦軸のスケール値
- ④ トレンドグラフ(黄線:インフラサウンド hPa / 緑線 加速度 gal / 赤線 電池残量%)
- ⑤ 指示値(黄:インフラサウンド hPa / 緑 加速度 gal / 赤 電池残量%)
- ⑥ FTP 転送回数
- ⑦ 通信状態
- ⑧ FTP 転送先サブディレクトリ番号 と プロジェクトのコメント
- ⑨ CSV ファイルの書き込み行数
- ⑩ 装置名
- ⑪ トレンドの時刻
- ⑫ 津波検出ステータス

ログファイルは以下の構造です。先頭 3 行は CSV ヘッダです。ヘッダは、ファイル連結の邪魔になるので、設定で無効にできます。縦軸が時間軸、横軸が測定項目です。

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|--------------|-----|------|------------|-------|----------|------|----------|---------|---------|----|------|
| 1 | インフラサウンドセンサー | | | | | | | | | | | |
| 2 | 123 | 456 | 789 | | | | | | | | | |
| 3 | 時 | 分 | 秒 | インフラサウンド* | 加速度 | バッテリー(%) | 津波検知 | インフラサウンド | 予測最大 | 予測最小 | 差分 | 差分平均 |
| 4 | 8 | 26 | 28.5 | 1016.05184 | 3.796 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |
| 5 | 8 | 26 | 28.5 | 1016.052 | 3.933 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |
| 6 | 8 | 26 | 28.6 | 1016.0516 | 3.669 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |
| 7 | 8 | 26 | 28.6 | 1016.05176 | 3.827 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |
| 8 | 8 | 26 | 28.6 | 1016.05216 | 3.484 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | 26 | 28.6 | 1016.05208 | 3.85 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |
| 10 | 8 | 26 | 28.6 | 1016.05224 | 3.285 | 100 | 0 | 0.00411 | 0.00411 | 0.00411 | 0 | 0 |

A 列～L 列のデータの内訳は以下の通りです

| 列 | カテゴリ | 内容 | 単位 | 補足 |
|---|------|----------------|-----|--|
| A | 時間 | 時 | | |
| B | | 分 | | |
| C | | 秒 | | |
| D | 測定値 | インフラサウンド | hPa | 小数点 5 桁=1mPa の最小分解能 |
| E | | 加速度 | Gal | |
| F | | 電池残量 | % | 12.5%単位 |
| G | 津波予測 | 津波検知の状態 | | 0 で平常、1 で地震検知、 2 でインフラサウンド到達待ち 3 で津波検出予想 (値 0 なら以下項目は無意味です) |
| H | | インフラサウンド AC 成分 | hPa | 0.009-0.025Hz 周波数帯域制限した インフラサウンドデータ |
| I | | 予測値 1 | hPa | 予測アルゴリズムの中で最大のもの |
| J | | 予測値 2 | hPa | 予測アルゴリズムの中で最小のもの |
| K | | 差分 | hPa | 予測アルゴリズム範囲とインフラサウンド AC 成分の差分。範囲内ならゼロ。 |
| L | | 差分の平均 | hPa | 前記差分の平均(面積)。 (津波マグニチュード) |

5.5 測定停止

左上の停止ボタンで、測定が停止されます。この状態でも、ITS05 の計測値などは表示されます。

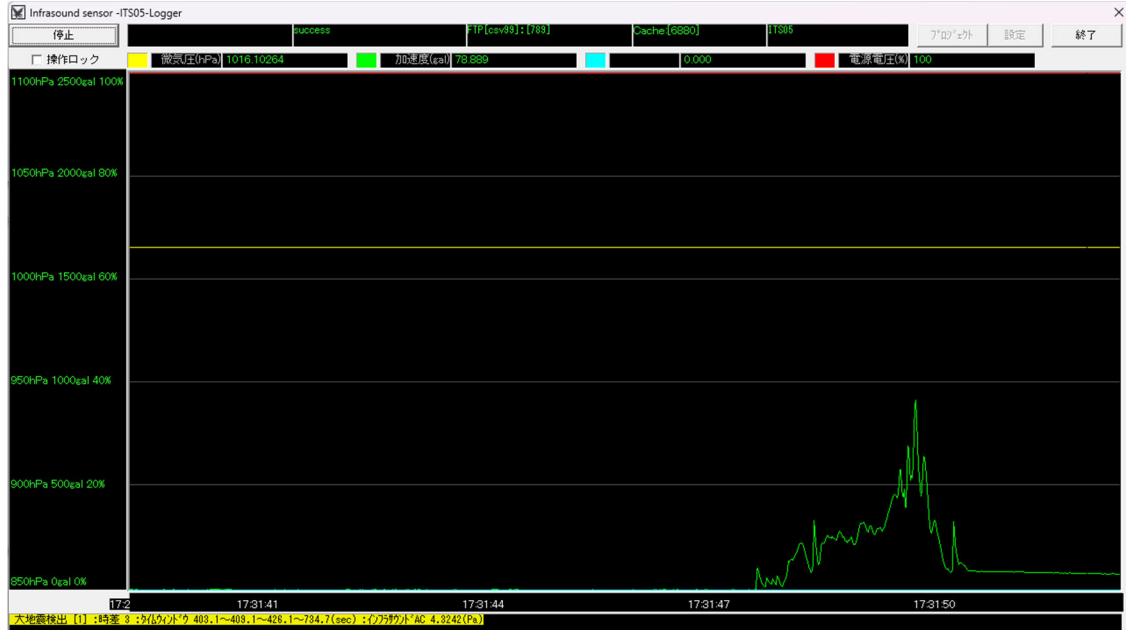


5.6 津波検出の実際の運用

本アプリ動作中に、閾値を超える加速度を検知すると

『大きな地震を検出しました、津波検出シーケンスを開始します』

というアナウンスが入り、最下段ステータスが黄色バックに変わり、インフラサウンドの到達時間を待ちます。



インフラサウンドの到達時間になると以下の画面に変わります。

インフラサウンドの挙動が予測範囲から超えるか否か、超えた場合、どの程度超え続けるかを監視します。



予測値のインフラサウンドのずれの面積が閾値を超え続ければ
『大きなインフラサウンドを検出しました。津波が発生している可能性があります』
とのアナウンスの後に、以下の画面に変わります。(最下段が赤)



一定時間(600秒)経過すると、通常画面に復帰します。

これらの地震を検知してその後のインフラサウンド(アレー)を監視して津波を検知する仕組みは、(特許第**5660586**号)にて保護されています。

6.測定時の注意事項

6.1 雑音

インフラサウンドの発生要因が多数あることから、雑音の少ない環境で測定する必要があります。
主な雑音の発生要因は以下の通りです。

| | |
|------|---|
| 風 | 風速の強いときは、測定に適さない。室内であっても影響を受ける。 また風がビルや橋梁を振動させることでもインフラサウンドは発生する。 |
| 波浪 | 海や池、湖の波が大きい場合も、測定に適さない。 波浪はインフラサウンドを発生させる。 |
| 自然災害 | 地震、火山、津波などは、大きなインフラサウンドを発生させる。 これらのインフラサウンドは数千 Km 伝搬するので、 このような災害時、およびそのあと数時間は測定に適さない。 |
| 人口騒音 | 鉄道が鉄橋を渡る、大型トレーラが橋を渡る、大きい圧延作業など 巨大な何かが動くときインフラサウンドが発生する。 またビル内ではエレベーターの上下で空気が圧縮され、インフラサウンドが発生する。 |
| 気象 | 気圧の急変、低気圧状態などでもインフラサウンドが発生する。 また大気の振動＝大気重力波でもインフラサウンドが発生する。 |
| 温度 | センサーは温度変化に対し、若干の感度を持ちます。 急激な温度変化は温度ドリフトが生じる恐れがあります。 直射日光が当たる場所などは避けた方が良いでしょう。 |

海や湖から遠く、晴れた、穏やかな天候で、できれば夜間など、暗騒音の小さい環境で測定する事が望ましいのです。

6.2 より詳細で連続長期間の測定

< 詳細な分析 >

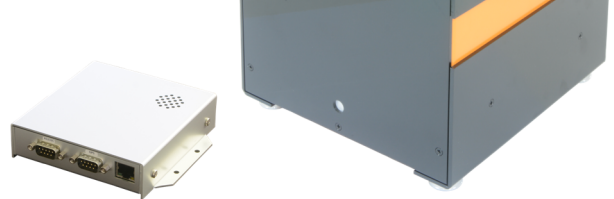
本製品は、サンプリングレート設定ができない、リングバッファを持たない(高速データ収集ができない)、3 軸の加速度をベクトル合成しているなどの制限があります。これにより価格を抑え、小型ポータブル化を実現しましたが、より高周波まで測定したい、加速度の元波形が知りたい場合

ADXⅢ-INF04LE を

加えて更に微細な信号まで捉えたい場合、

ADXⅢ-INF01LE を

推奨します。



ADXⅢ-INF04LE

ADXⅢ-INF01LE

< 複数台での運用 >

インフラサウンドは様々な要因で発生するので、局所的なノイズ(重機が通る、突風、気圧の急激な変化、橋やビルの長周期の揺れ、海の波...)が含まれることがあります。雑音か否かは、複数台設置して比較する事で、判断が容易になります。方法は主に以下の3つ。

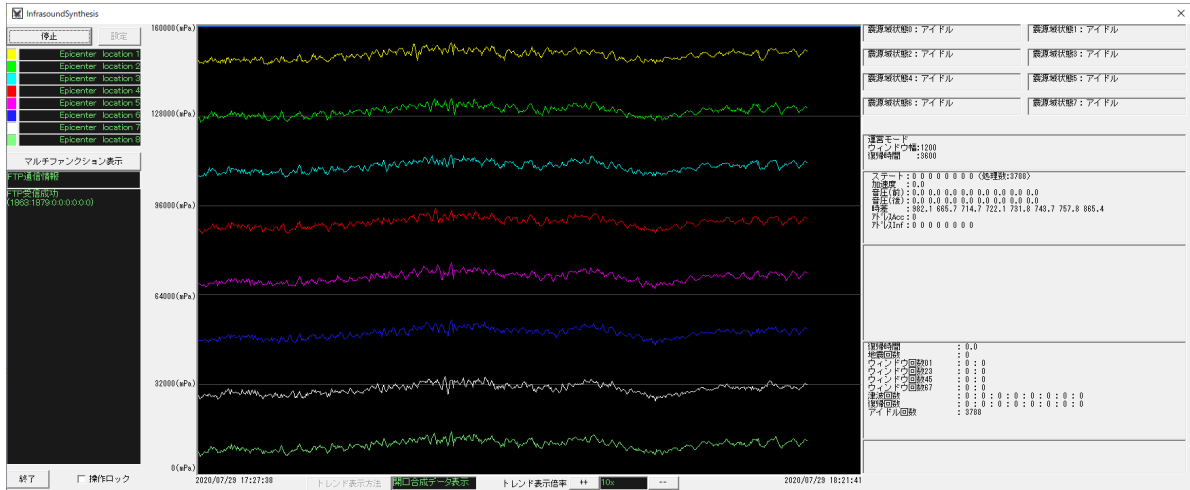
- (1)複数台分のデータを、オペレータが比較して、相関性を判断する。(手作業)
- (2)比較的近傍に配置したセンサー群のデータを平均して、ノイズの影響をセンサ数分の1に圧縮する。
(遠いと位相がずれるので最小測定波長の1/3以下にします)
(例えば0.1Hz(3.4Km)以下が測定対象なら1.1Km以内にします)
- (3)ある程度の距離を離して配置したセンサー群のデータを開口合成して、特性方向に指向性を持たせる。
以下はこの様子で、リング状の評価域は津波検出アルゴリズムの時間相当の距離。
ここに開口合成の指向性を組み合わせると、赤枠の領域のみを注視できます。



<開口合成の実例>

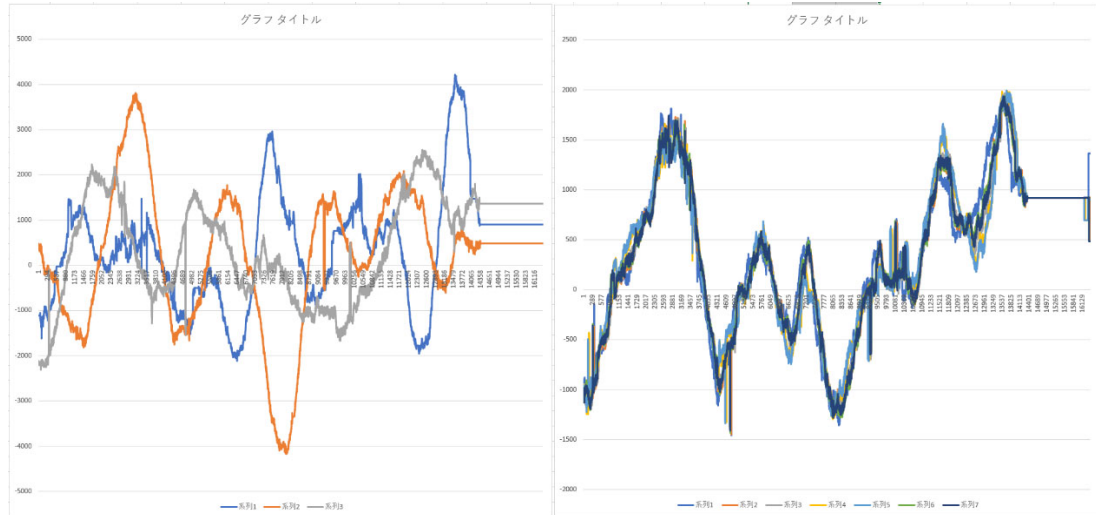
ITS05 ではないですが、**ADX III-INFO1LE** で開口合成実験した様子です。

以下、開口合成ソフトウェア(テスト用)は、各所のセンサーがアップロードしたデータを開口合成します。

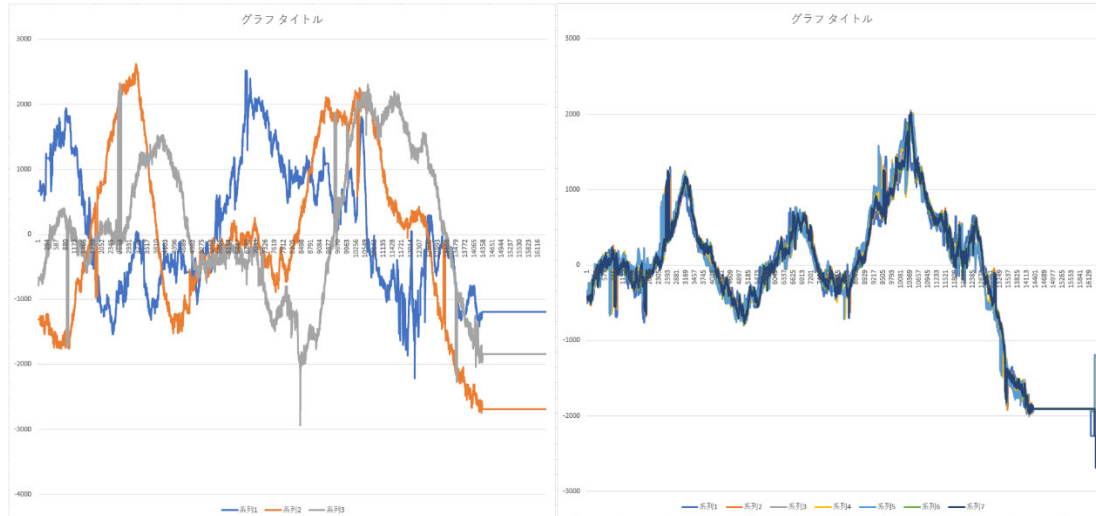


3ポイントの簡単な開口合成(左:合成前)(右:合成後)

ID00AS02_33_39.xlsx



ID00AS23_52_33.xlsx

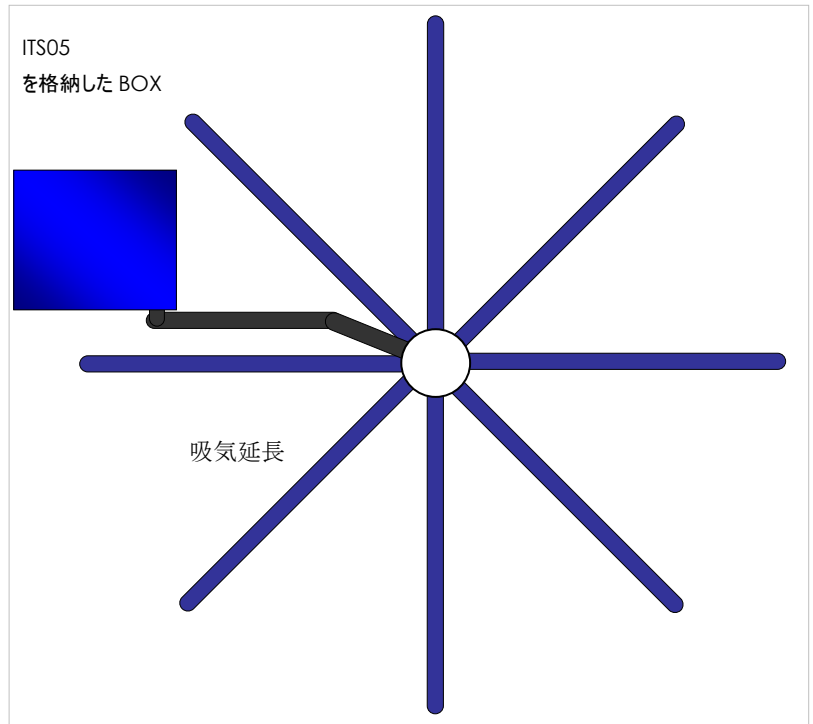


6.3 風の影響を除去

強風の場合大きなノイズが発生する場合があります。風の影響を軽減する方法は幾つか既知の方法があります。

吸気面をパイプで分散する。

計測位置(吸気位置)を分散して平均することで風の雑音を軽減できます。右図のように、インフラサウンドセンサの吸気を延長し、タコ足状の吸気管を配置します。吸気管は、①先端より吸気する、②吸気管全体でゆっくりと吸収するポーラスパイプの2通りあります。ポーラスパイプだと、吸気管が閉じており虫の侵入などを防げます。いずれの場合もタコ足部の吸気管が長い程、雑音軽減効果が高まります。一般的には直径を3m~30m程度にすることが多いようです。



センサーを分散配置する

センサーそのものを数百m~数Km間隔で配置し、これらのセンサーの計測値を平均する方法で前述の吸気を分散する方法と組み合わせます。

室内に置く

室内に設置で1/2~1/5のノイズ軽減効果があります。前述の吸気分散に比べると効果は劣りますが、装置の防水防塵・給電・通信も簡単にでき多くのメリットがあります。室内設置では以下の点にご注意ください。

- ◆ 測定室が完全密閉ではないこと。(換気口などが必要)
- ◆ 扉の開閉等やエレベーターの上下、各種環境騒音による気圧変化に注意。出入りの少ない部屋で、かつ扉の開閉をゆっくり静かに管理すべきです。

下図の上は **ADX III-INFO1LE** で、窓全開と窓全閉の比較です。既存センサでも同様の効果があります。(周波数帯域が違うので波形は異なります)(サンプリング0.133秒)



7. シリアルデータ構造

シリアルポートのコンフィグレーションは 115.2Kbps、データ 8 ビット、ノンパリティ、1 ストップビットです。データサイズをコンパクトにするため、文字列ではなくバイナリデータを用いています。

7.1 送信するデータ形式

送信する各信号(信号名)は、“スケール前の表現範囲”の値を持っています。

これを“スケールされた値”に変換し、指定の“ビット数”で送信します。(- はスケールしない)

| 信号名 | スケール前の表現範囲 | スケールされた値 | ビット数 |
|----------|-----------------|------------------|-------|
| GPS 年 | 16383~0 年 | - | 14Bit |
| GPS 月 | 16~0 月 | - | 4Bit |
| GPS 日 | 128~0 日 | - | 7Bit |
| GPS 時 | 128~0 時 | - | 7Bit |
| GPS 分 | 128~0 分 | - | 7Bit |
| GPS 秒 | 128~0 秒 | - | 7Bit |
| GPS ミリ秒 | 0.9~0.0 秒 | 9~0 | 7Bit |
| インフラサウンド | 1023.34692~0hPa | 102334692~0(mPa) | 28Bit |
| 加速度 | 2097.151~0gal | 2097151~0 | 21Bit |
| 電池残量 | 100~0% | 0~7 | 3Bit |
| カウンタ | 4→3→2→1→0 を巡回 | 4~0 | 7Bit |

電池残量 9-0 は次の通り 0(12.5%未満)、1(25%未満)、2(37.5%未満)、3(50%未満)
4(67.5%未満)、5(75%未満)、6(87.5%未満)、7(87.5%以上)

7.2 データ構造

シリアルデータは 8BIT ですが LSB(最下位ビット=Bit0)は同期に使用します。よってデータは Bit[7:1]の 7BIT に割り当てられます。データ構造は以下の通りで、各信号のビットフィールドを、シリアルデータの Bit[7:1] に埋め込み、上から下へと順番に送信します。(GPS 月と電池残量は 1Byte にパック)

1 フレームは 17Byte です。最後のカウンタデータ部分のみ LSB が 1 になります。この LSB を同期信号として使えば、フレーム構造の正当性を判断できます。

| 信号名 | ビットフィールド | シリアルデータにおける位置 | シリアルデータ Bit0(LSB) |
|--------------|------------|---------------|-------------------|
| GPS 年 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS 年 | Bit[13:7] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS 月 | Bit[3:0] | Bit[4:1] | 0 |
| 電池残量 | Bit[2:0] | Bit[7:5] | 0 |
| GPS 日 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS 時 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS 時 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS 分 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS 秒 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| GPS ミリ秒 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| インフラサウンド 4/4 | Bit[27:21] | Bit[7:1] | 0 |
| インフラサウンド 3/4 | Bit[20:14] | Bit[7:1] | 0 |
| インフラサウンド 2/4 | Bit[13:7] | Bit[7:1] | 0 |
| インフラサウンド 1/4 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| 加速度 1/3 | Bit[20:14] | Bit[7:1] | 0 |
| 加速度 2/3 | Bit[13:7] | Bit[7:1] | 0 |
| 加速度 3/3 | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 0 |
| カウンタ | Bit[6:0] | Bit[7:1] | 1 |

効率的で負荷の低いプログラムを組むなら、最終バイト=1 でイベント受信します。
(最終バイト以外で LSB は常にゼロなので、ここでしか 1 は発生しない)
最終バイトはカウンタにより、データ値は(9→7→5→3→1)と変化し、イベント発生まで 5 フレームあります。
よってイベント受信で 5 フレーム X17 バイト=85 バイトを一気に受信して処理します。
(85 バイト以上の受信バッファが確保できる事が前提条件になります)

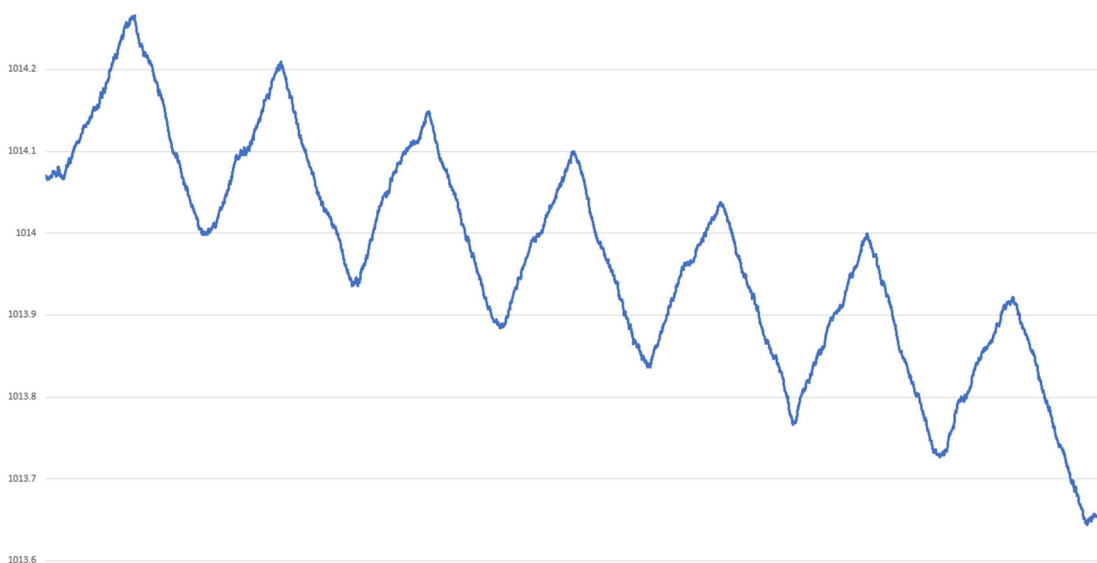
8.実測データ

8.1 衝撃波と長周期三角波

ドア開閉。密閉度の高いオフィスのドアを 3 回開閉した様子です。
3 回の開閉の様子と、その後の圧力の揺らぎが見えます。



100 秒周期の三角波形。試験用チャンバで測定。

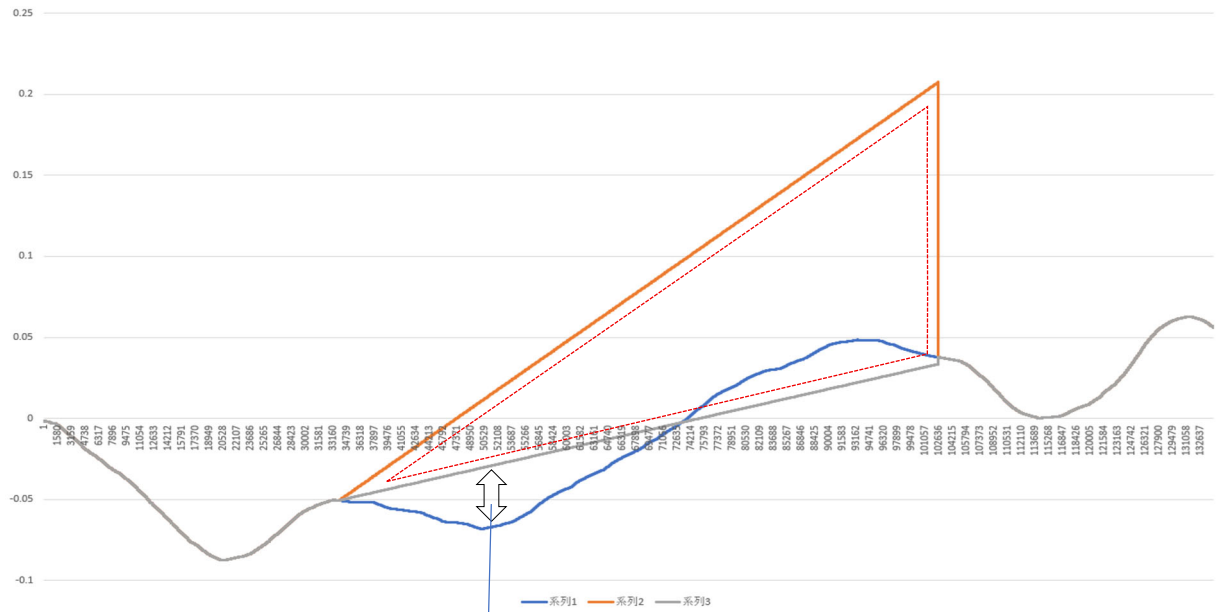


8.2 津波検出時の波形

系列 1 青色がインフラサウンド波形、系列 2 オレンジが予測波形最大

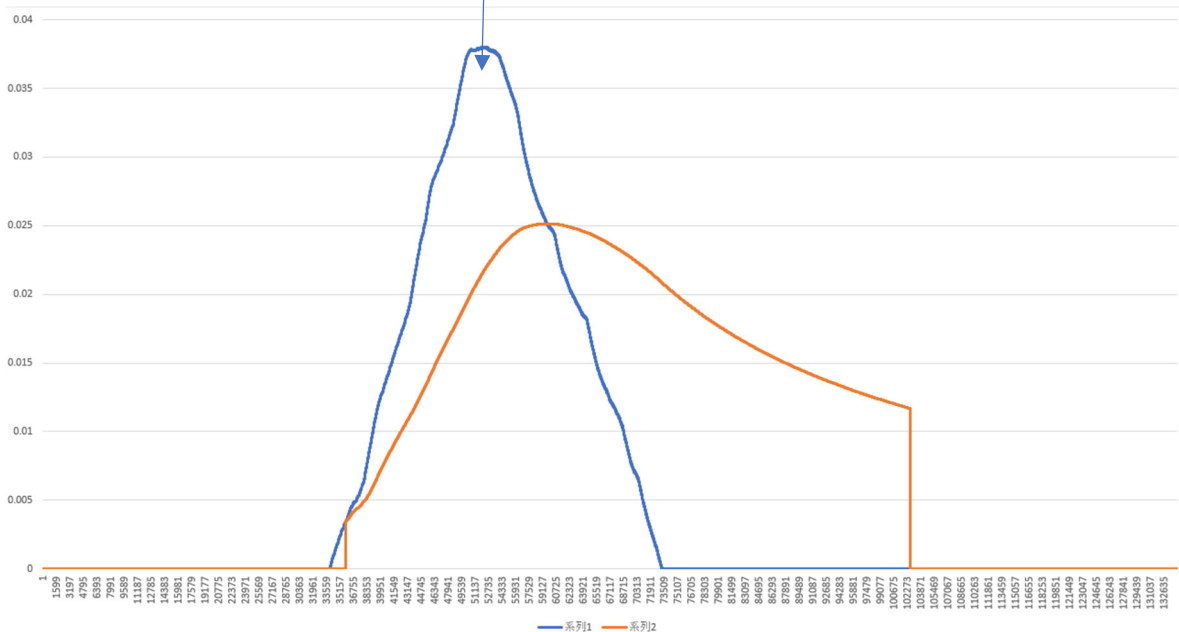
系列 3 灰色が予測波形最小になります。

予測波形は、それまでのインフラサウンド波形から、今後を推論したもので、この予測三角形(赤破線枠)から外れた青線は、津波によって引き起こされたインフラサウンド波形の可能性があります。



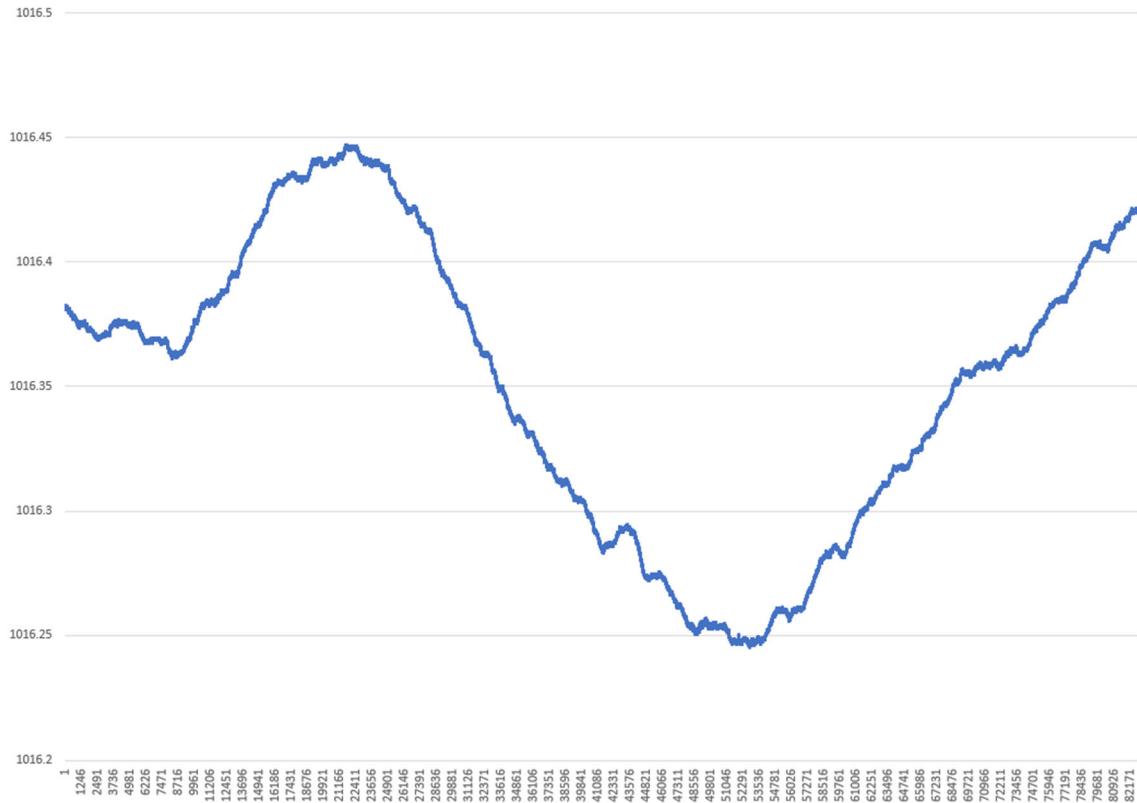
しかし、局所的ノイズ等でインフラサウンドが発生している可能性もあるので、上の三角形との差分の平均を求めていきます。それが下で、系列 1 青が差分、系列 2 オレンジが差分の平均です。

そして、インフラサウンド差分の閾値を超えが 200 秒の間で 85%を超えている場合に津波のアラート状態になります。またオレンジの、差分平均が、津波のパワーを示す“津波マグニチュード”相当になります。



8.3 実際の複合波

約 1000 秒(0.001Hz)周期の気象的な気圧変化。様々な周波数成分を含んでいます。
津波の周期にも近いので、加速度との組み合わせ、開口合成を使わない場合、分別の難易度が高い。



気圧変化(長周期・低速)とドア開閉(短周期・高速)が重なる場合。
長周期のほうは 100 秒 0.01Hz、短周期のほうは 1 秒 1Hz。

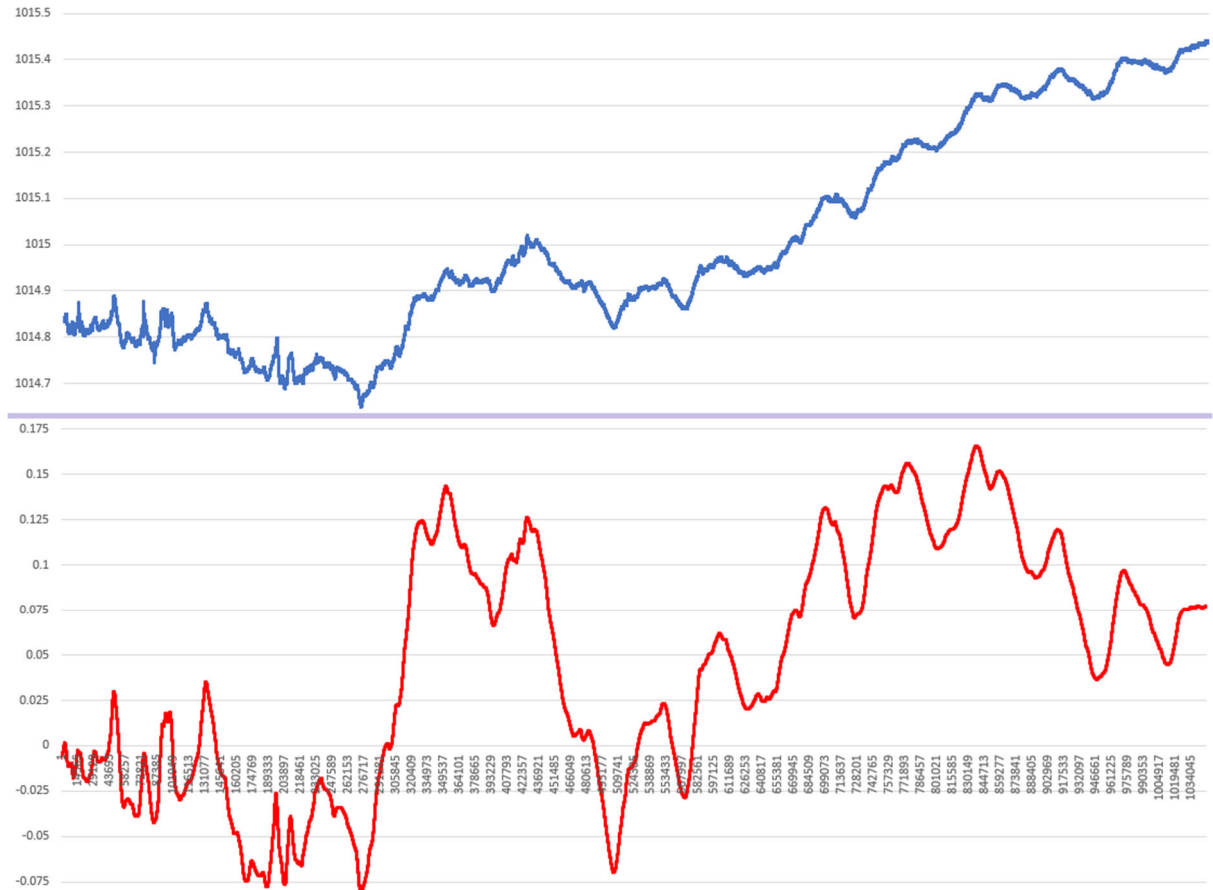


8.4 AC データの活用

ITS05 は DC~30Hz と広い周波数帯域を持っており、この中で低い周波数は、気象的な気圧変化や大気重力波(*)を示し、高い周波数は都市生活騒音や、風や波浪などを示す傾向があります。

こうした周波数帯域を必要としない、これらをノイズと考える測定では、ログファイル H 列のインフラサウンド AC を使う事で、0.0009Hz~0.025Hz のみをピックアップできます。以下はその様子で、晴天時約 3 時間 30 分の観測データです。上段が D 列(DC-30Hz)、下段が H 列(0.0009Hz~0.025Hz)です。

下段のほうが大きなトレンド(気象的な気圧変化)や細かい波形が消えて、波形の特徴が把握しやすくなります。



※ 大気重力波 : 上昇気流で上がった空気が上空で膨張し温度が下がる。温度が下がると重くなり重力に引っ張られて落ちる。落ちた空気は圧縮され、温度が上がり再上昇。これを繰り返す事で、地上の気圧が上がったり下がったりして、インフラサウンドが発生する。大きさは周波数に反比例して大きくなり0.003Hz 以下あたりから急増する。広い周波数成分を持っているので、完全に排除はできないが、周波数に反比例するのでローカットが効果的。

9. 注意点等

一般禁止事項

高温、多湿、急激な温度変化（結露）、静電気、腐食性ガス（強酸、強力アルカリを含む）、導電性の粉塵、振動、基板へのストレス、衝撃、過電圧、逆電圧、短絡、出力端子の過負荷や出力同士のショート、紫外線よりも短い波長の電磁波を大量に浴びせる事、カビ、強電界・強磁界など、電子機器にとって有害な環境での使用を避けて下さい。こうした条件下における使用は、保証外です。また、システムへの組み込みの際には、十分な検証を行って下さい。

本仕様書の扱い

<製品との相違> 万一、本仕様書と製品が異なる場合には、製品を優先させていただきます。また、本仕様書の主観的解釈の可能な個所についても、同様に、製品を優先とさせていただきます。

<品質と機能> 本製品の品質および機能が、ご利用者の使用目的に適合することを保証するものではありません。従って、本製品の選択導入はご利用者の責任でおこなっていただき、本製品の使用や、その結果の直接的または間接的ないかなる損害についても同様とします。

<バージョンアップ> ドライバや仕様書のバージョンアップや修正などを、ホームページ、メール、CDROM の配布等の何らかの手法で提供いたします。ただし、弊社の諸事情により迅速な対応がとれない場合もあります。また、これらは、その遂行義務を弊社が負うものではありません。

長期の保存

本製品を長期保存なさる場合、結露やダンボールから発生する硫化水素ガスなどによって、短期間に腐食する場合があります。これを防ぐには、結露しない環境に保管し、かつ腐食性ガスを遮断できるようにビニールなどでパッケージングして下さい。また、長期保存後は、2～3時間のエージングをなさってから使用して下さい。

工業所有権、著作権

本製品の使用により、第三者の工業所有権・著作権に関わる問題が生じた場合、弊社の製造、製法に関わるもの以外については、弊社はその責を負いませんのでご了承下さい。また、弊社の許可無しに、回路、プログラム、デバイス構成データ、ボード上の EEPROM、ドライバソフトウェアに対するリバースエンジニアリングを禁止します。このような結果生じた損害についても、弊社はその責を負いません。なお医療機器などの極めて高い安全性を要求される用途へのご検討の際には、弊社までご連絡下さい。

保証修理

保証修理は、有償無償に関わらず、付属の保証書のコピーおよび、製品を、元払いにてお送りください。

また発送の際には、製品が破損しないよう、十分な緩衝材に包んで梱包をお願いします。

保証は、原則修理によって対応し、代品の提供は行いません。

また製品の価格以上の賠償にも応じませんので、これらに同意できない場合、製品受領から 1 週間以内に、製品を返却してください。返却した製品に、傷や破損が見られる場合、返金額も応じて減額されます。