

小型マイコンを使用した 流星電波観測システム

(ARMマイコン流星電波観測器)

概要書

目次		(ページ)
1. 特長	.....	2
2. 構成	.....	2
3. 観測までの流れ	.....	3
4. 必要機器	.....	4
5. 使用ソフトウェア	.....	5
6. 観測データ	.....	6

初版 : 2022/01/28 : ソフトVer 1.20 対応

1. 特長

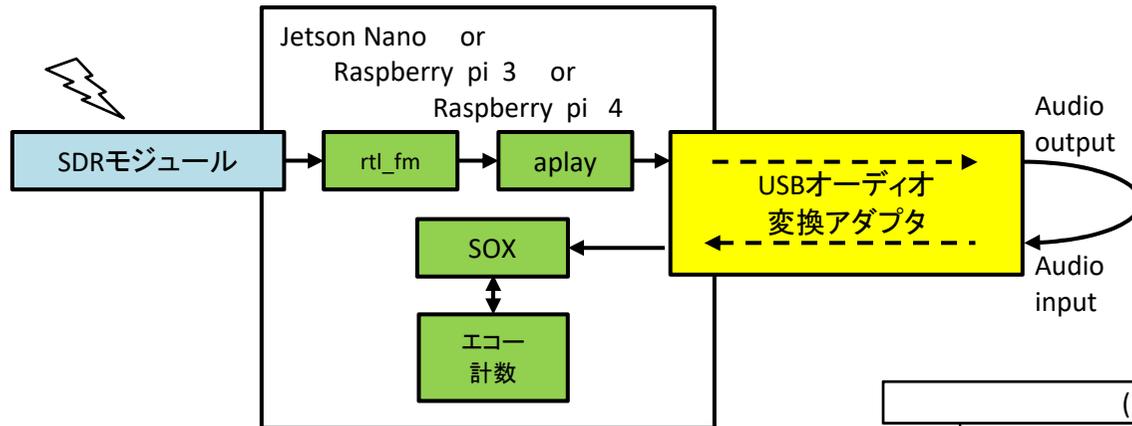
本システムは、Raspberry Pi などに代表される安価な小型マイコンを使用して流星電波観測を行うために開発したシステム（通称 MroSpec）で、以下の特長を持っています。

- ・ 低価格の Raspberry Pi 3 で動作するため、非常に安価にシステムを構築することができます。
- ・ Raspberry Pi などのマイコンキットにUSB接続のSDRモジュールを接続して、SDRソフトで受信した信号を解析することで観測を行います。
- ・ 観測した結果は、HROFFTと同様のスペクトログラム画像として保存すると共にサーバーへ送信してライブ共有することができます。
- ・ 観測ソフトは、主にオープンソースで提供されているソフトウェアを利用して作成しているため、プログラミングの経験があれば、誰でも自分好みの観測器に改造して観測することができます。

2. 構成

(1) ハードウェア（機器）

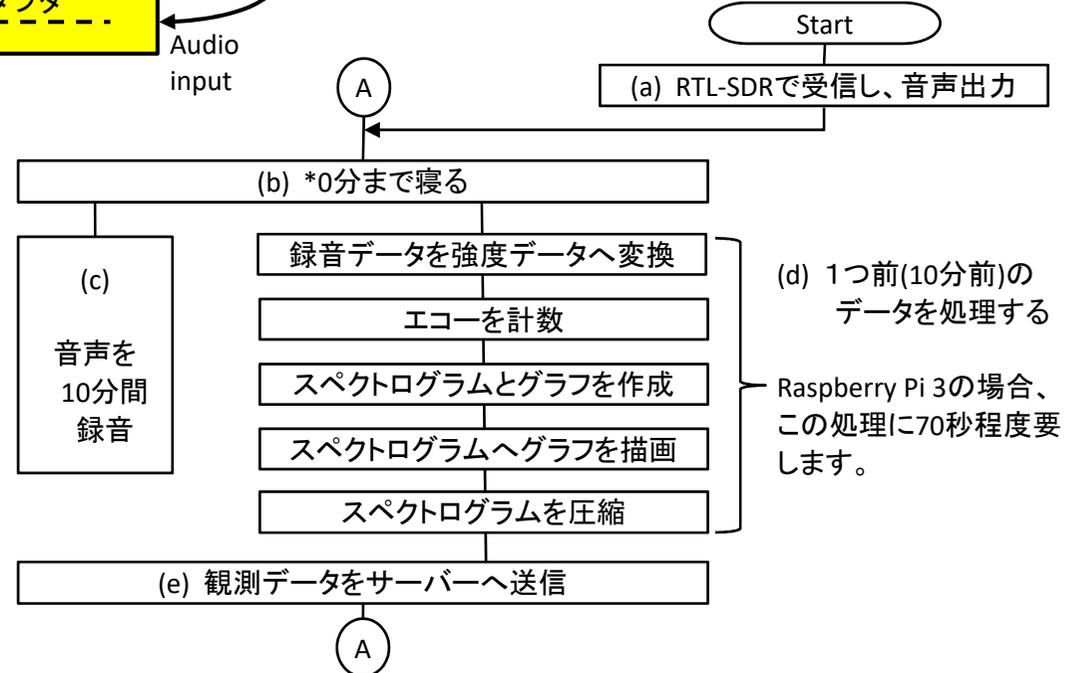
ハードウェア（機器）の詳細については、4項に示します。



(2) ソフトウェア（処理フロー）

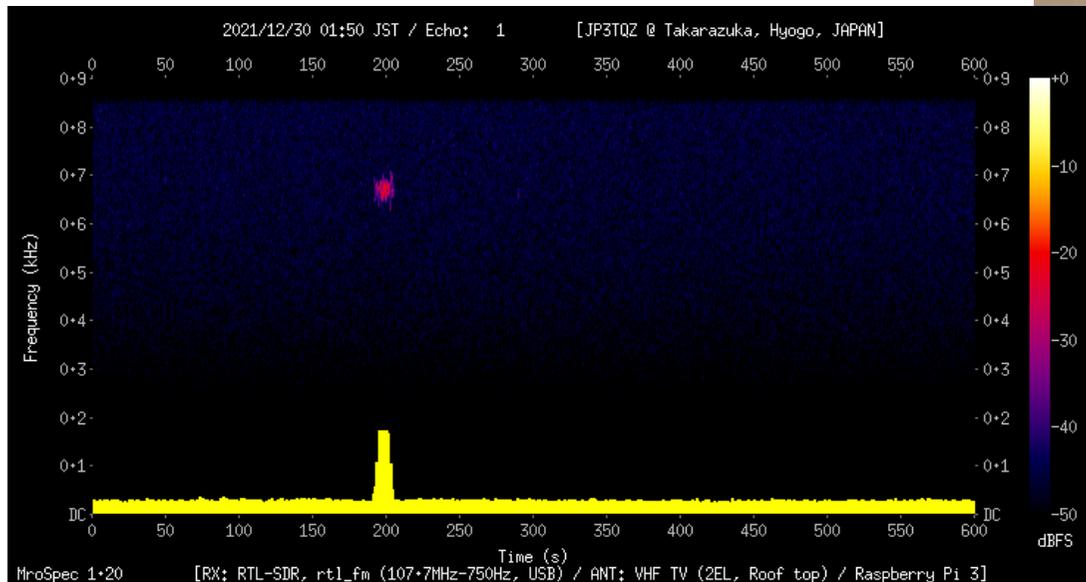
使用するソフトウェアについては、5項に示します。

- RTL-SDRを指定周波数で動作させて受信信号をAudio出力する。
- *0分まで寝る。
- 起床後、Audio入力からの音声データの録音を開始する。
- 一つ前(10分前)の録音データを使用して各種の処理を行う。
- 観測データをサーバーへ送信する。
- (b)～(e)を繰り返す。



3. 観測までの流れ

- | | | |
|---------------------------------|-------|-----------|
| (1) 機器の準備 | ..... | 4 項に記載。 |
| (2) 使用するソフトウェアのインストール | ..... | 5 項に記載。 |
| (3) 観測ソフトのインストール | ..... | 「説明書」に記載。 |
| (4) 機器の動作確認と機器の情報取得(初期設定) | ..... | 「説明書」に記載。 |
| (5) 受信状態を確認して各種パラメータを調整 | ..... | 「説明書」に記載。 |
| (6) 調整したパラメータを元に、設定ファイルへ観測条件を記載 | ..... | 「説明書」に記載。 |
| (7) 観測 | ..... | 「説明書」に記載。 |



4. 必要機器

<p>(1) アンテナなどRF系</p> <p>アンテナ</p> <p>同軸ケーブル</p> <p>変換コネクタ</p>	<p>使用する周波数帯に合ったアンテナ。</p> <p>アンテナとSDRモジュールを接続するために使用。</p> <p>同軸ケーブルとSDRモジュールのコネクタ形状が異なる場合、形状を変換するために使用。</p>
<p>(2) SDRモジュール</p> <p>USB接続のSDRモジュール 右記の製品は動作確認済み</p>	<p>RTL-SDR</p> <p>DS-DT305WH . . . 安価なワンセグチューナーのため、受信性能は悪い。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p>Airspy mini は動作しないことを確認済み。</p> </div>
<p>(3) ARMマイコンキット</p> <p>Linux OSが稼働するキット 右記の製品は動作確認済み</p> <p>Raspberry Pi 4 は動作の可能性あり。</p>	<p>Jetson Nano (OS: Ubuntu 18.04.5 LTS) https://www.nvidia.com/ja-jp/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/ https://developer.nvidia.com/embedded/downloads</p> <p>Raspberry Pi 3 (OS: Raspberry Pi OS with desktop) https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/</p> <p>Raspberry Pi 4 (OS: Raspberry Pi OS with desktop) https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/</p>
<p>(4) USBオーディオ変換アダプタ</p> <p>USBと音声の変換アダプタ 右記の製品は動作確認済み</p>	<p>USB-AADC02BK (エレコム) . . . 販売中 (2021年10月) https://www.elecom.co.jp/products/USB-AADC02BK.html</p> <p>PL-US35AP (プラネックス) . . . 販売終了 https://www.planex.co.jp/product/usb/pl-us35ap/</p>
<p>(5) オーディオケーブル</p> <p>ステレオオーディオケーブル</p>	<p>USBオーディオ変換アダプタのヘッドフォン端子とマイク端子を接続して使用。 USBオーディオ変換アダプタのプラグに合ったケーブルを準備。</p>

5. 使用ソフトウェア

ソフト名称	説明	インストール方法	
(1) SDRソフト			
rtl_fm	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト http://kmkeen.com/rtl-demod-guide/ ・rtl-sdrソフトに同梱されている。 ・処理負荷が軽いSDRソフトであり、このソフトで電波を受信。 	インストール <pre>\$ sudo apt-get install rtl-sdr</pre>	
(2) 音声出力ソフト			
aplay	<ul style="list-style-type: none"> ・rtl_fmの出力を音声として出力するために使用。 ・SDRモジュールの情報を確認する用途にも使用。 	OSに同梱されているため、インストールは不要。	
(3) 音声処理ソフト			
SOX	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト http://sox.sourceforge.net/ ・音声の録音、切り貼り、フォーマット変換、スペクトログラムの作成など多くの音声処理の機能を持っている。 ・各所で使用。 	インストール (本体) <pre>\$ sudo apt-get install sox</pre> インストール (提案パッケージ) <pre>\$ sudo apt-get install libsox-fmt-all</pre>	
(4) グラフ作成ソフト			
gnuplot	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト http://www.gnuplot.info/ ・いろいろな種類のグラフを作成する機能を持っている。 ・強度データをグラフ化するために使用。 	インストール (本体) <pre>\$ sudo apt-get install gnuplot</pre>	
(5) 画像処理ライブラリ			
OpenCV	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト https://opencv.org/ ・自由に画像を編集することができるライブラリ。 ・スペクトログラムへ強度データ(グラフ)を描くために使用。 	インストール <pre>\$ sudo apt-get install libopencv-dev</pre>	
(6) PNG画像圧縮ソフト			
pngquant	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト https://pngquant.org/ ・PNG 画像専用の圧縮ソフト。 ・スペクトログラムを圧縮するために使用。 	インストール <pre>\$ sudo apt-get install pngquant</pre>	
(7) 画像結合			
自作 C++プログラム	<ul style="list-style-type: none"> ・スペクトログラムへ強度データ(グラフ)を描くためのソフト。 ・OpenCVを使用して、C++言語で自作。 	インストール 説明書に記載。	※ ソースを同梱しています。 改造は自由です。
(8) エコー計数			
自作 C プログラム	<ul style="list-style-type: none"> ・録音データを変換した強度データを使用して、二乗平均平方根 (Root Mean Square) し、このデータが閾値より強いかどうかでエコーを判定するためのソフトであり、C言語で自作。 	インストール 説明書に記載。	※ ソースを同梱しています。 改造は自由です。

(9) データのアップロード		
sftp, ftp	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイルサーバーやWEBサーバーへ取得したデータを送信して保存、公開するするために使用。 	インストール (ftp) \$ sudo apt-get install ftp
expect	<ul style="list-style-type: none"> ・コマンドの対話操作を自動化するためのソフトで、sftp , ftp の処理で使用。 ※ 配布の観測ソフトでは、sftpは使用していない。	インストール (expect 本体) \$ sudo apt-get install expect インストール (expect 提案パッケージ) \$ sudo apt-get install tk8.6 tcl-tclreadline
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> sftp は OS に同梱されているため、インストールは不要。 </div>		
(10) 観測ソフト		
Linux Shell (bash)	<ul style="list-style-type: none"> ・上記の各種ソフトウェアの操作をプログラミングすることで、観測を自動化するためのシェルスクリプト。 	インストール 説明書に記載。 ※ 改造は自由です。
(11) 音量調整ソフト		
amixer	<ul style="list-style-type: none"> ・コマンドライン操作により、音量を調整するためのソフトで、初期設定時に単独で使用。 	OSに同梱されているため、インストールは不要。

6. 観測データ

(1) データの種類

観測データは、以下の種類をファイルに保存しています。

データの種類	管理単位		1日分の容量	備考
	時間	容量		
録音データ (ogg)	10分	5.2 Mbyte	748.8 Mbyte	PCなどを利用してオフラインでの解析に利用可。
スペクトログラム (png)	10分	40 K~130 Kbyte	Max 18 Mbyte	1 sec/pixel。
強度グラフ (png)	10分	2 Kbyte	288 Kbyte	強度データ(csv)を 1 sec/pixel でグラフ化。
強度データ (csv)	10分	9 Kbyte	1,296 Kbyte	録音データ(ogg)を強度へ変換したデータ。
エコー情報 (csv)	1日	1件 : 28 byte	Max 1.2 Mbyte	Max: 2秒に1回、1秒のエコーを検出 = 43,200件
合計			Max 770 Mbyte	

(2) 観測データの例

2021年12月30日 01:50 ~ 02:00 の観測データを示します。

(a) スペクトログラム

右図：ファイル名 202112300150.png

(b) エコー情報

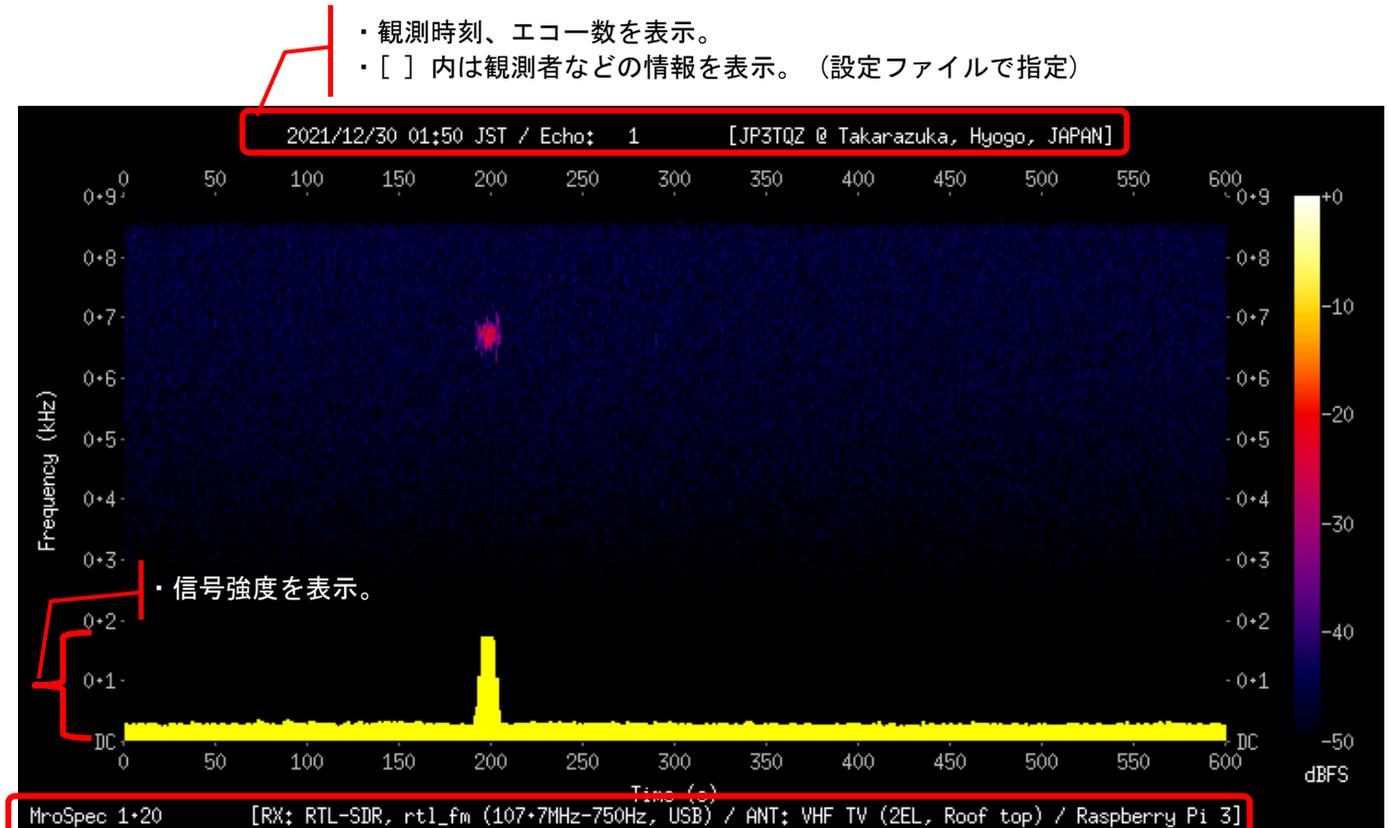
- ・エコー情報は、1日／ファイルで保存。
- ・フォーマット
年/月/日, 時:分:秒, 経過秒, 継続時間(秒)

【ファイル：20211230echo.csv】

```

2021/12/30,00:19:08,548, 1
2021/12/30,00:19:10,550, 7
2021/12/30,00:19:18,558, 6
2021/12/30,00:19:25,565, 2
2021/12/30,00:19:28,568, 1
2021/12/30,00:55:22,322, 2
2021/12/30,01:06:01,361, 1
2021/12/30,01:18:16,496, 1
2021/12/30,01:43:48,228, 1
2021/12/30,01:53:12,192, 13
2021/12/30,02:05:42,342, 1
2021/12/30,02:05:47,347, 8
:
:
2021/12/30,22:06:56,416, 2
2021/12/30,22:33:42,222, 1
2021/12/30,23:48:00,480, 2
2021/12/30,23:48:10,490, 1

```



- ・観測時刻、エコー数を表示。
- ・[] 内は観測者などの情報を表示。(設定ファイルで指定)

・信号強度を表示。

- ・ソフトウェア名称を表示。
- ・[] 内は観測環境などの情報を表示。(設定ファイルで指定)