

石垣島で人工衛星の電波を受信する方法

JE9PEL/JR6 脇田美根夫

1. 横浜から沖縄県石垣島に単身赴任して半年が経った今日(2020年10月18日)、衛星用アンテナが入っている段ボール箱の梱包を初めて解いた。デジタル人工衛星通信を行うための中・高校生向け記事を、ここに掲載する。衛星通信運用の詳細については、次の自著サイトを参照してほしい。日々、内容を更新している。(設置機器については最後を参照)

<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/index.htm> 衛星通信入門
<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/profile.htm> 受信設備
<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr365.htm> 中学生向け
<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr222.htm> 高校物理編



2. 本格的には水平・仰角ローテーターを設置し、正確に衛星を自動で追尾するべきであるが、手動移動型を追求して、カメラ用三脚にアンテナを取り付けた。衛星がどの方向に、どの高さにいるかを知る方法や、アンテナで受信した信号をPCに取り込む方法、そして受信データを解析する方法については後述する。



3. スマホには、方位(水平)角・仰角を簡単に示すアプリがたくさん存在する。便利な世の中になったものだ。Windows10_PCで事前に あるいはリアルタイムで衛星の方向がわかるので(後述)、衛星にアクセスのしやすい最大仰角時(TCA)の方向にアンテナを向けておくか、または、時々刻々とアンテナ方向を手動で微調整すればよい。スマホ・アプリを起動して、指向性アンテナのブーム方向にスマホを添えるだけで数値が示される。



コンパス: Smart Compass
Smart Tools co.



Angle Meter PRO Plus
nakhon phagdeechat



4. 運用のために 電源をどこから取るかを考えねばならない。ベランダ運用であるならば、部屋の中のコンセントから取ればよい。ここでは車移動の屋外での運用を考える。以前、東日本大震災後に非常用に購入してあったバッテリーを転用することにした。左図バッテリーは「AC-DC コンバータ」にも対応している。受信信号を増幅するためのアンプ等の多くの無線機器等の電源電圧は基本的に 13.8V である。これに必要な直流安定化電源と呼ばれる機器も、今回 石垣島に持ち込んだ。交流を直流に変換する「AC-DC 電源」について、改めて学習しよう。

<http://ednjapan.com/edn/articles/1206/13/news105.html>

<http://ednjapan.com/edn/articles/1503/26/news002.html>



5. アンテナ、PC そして関係の機器を連結するのに必要なケーブルやコネクタ類を集めたのが左図である。全て、Amazon で入手できる。この中で最も中心的なのが 右端に見える「SDR ドングル」と呼ばれる煙草ライターサイズの機器である。アマチュア無線のアナログ交信では主に無線機を使用するが、今回話題にしているデジタル通信では、この安価な TV チューナーを「SDR ドングル」に転用して使用するのが主流となっている。無線機を使わなくても衛星の個々の周波数に対応できる優れたものである。これは結線した後で、PC 上でいくつか設定をする必要がある。次の自著サイトの下段を参考に、「SDR ドングル」として認識させることに挑戦しよう。「zadig_2.1.0.exe」というソフトを使うことが最大のポイントである。(注)Ver_2.5 が最新バージョンのようである。

<http://zadig.akeo.ie/>

<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr893.htm>



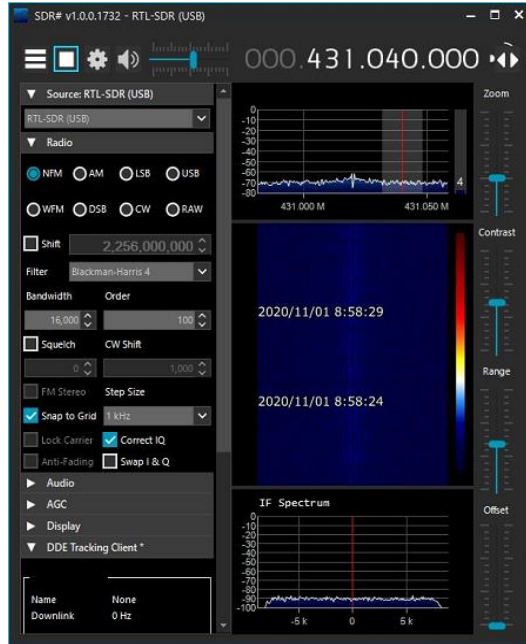
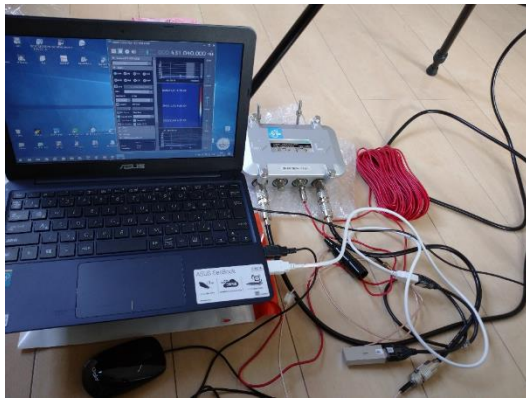
6. 全ての機器を結線し初めて通電してみた。PC には、受信ソフト「SDR# Ver. 1732」をインストールした。SDR#は、デジタル衛星信号を受信するために必要な標準的なソフトである。詳しい設定方法については、次の自著サイトを参照のこと。

<http://airspy.com/download/>

<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr927.htm>

なお通電後、プリアンプが動作していない。アンプに問題があるのか安定化電源に問題があるのかわからないので、これから実験をして問題を詰めていく。

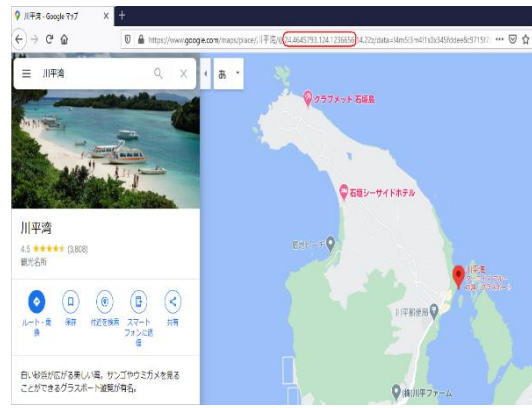
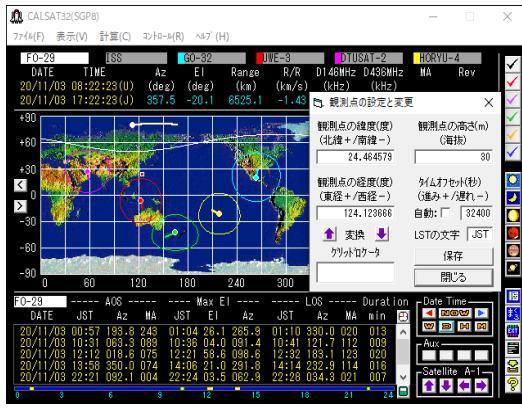
(注) 全く初歩的な問題であることがわかった。アース(-)を取っていなかったことが原因。



7. 衛星通信をするには、「人工衛星がいつどの方向に飛来するのか」を事前知っておく必要がある。軌道計算ソフトは世の中にたくさんあるが、今回は衛星通信をする時の定番ソフト「CALSAT32」をインストールする。 http://jr1huo.my.coocan.jp/jr1huo_calstat32/Download.htm
Windows10 はセキュリティが強いため、作業中のファイルが意図しないフォルダに保存されてしまうことがよくある。「CALSAT32」フォルダに限らず、事前に次のおまじないをしておこう。

フォルダ上で右クリック → プロパティ → セキュリティ → Users → 編集 → Users → フルコントロール他、全てをチェックする。
(参照) 「Windows10 英語版で衛星ソフトを起動する方法」 No. 951 <http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr951.htm>

さて、緯度経度を 「CALSAT32」 → ファイル → 「観測点の設定と変更」として最初に入力する必要があるが、自局観測点の緯度経度を知るには、Google マップが便利だ。次図参照。



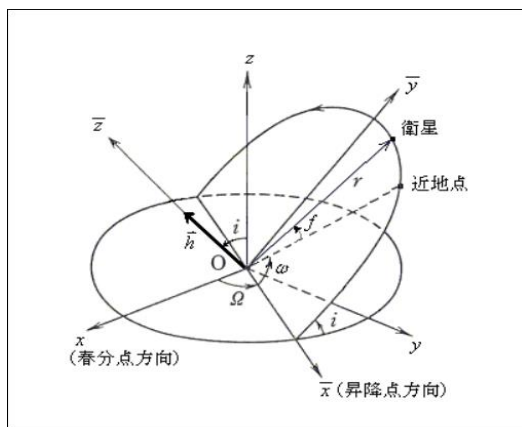
8. 人工衛星の軌道要素 (TLE, Two Line Elements) については、次のサイトで概説している。

- <http://www.amsat.org/keplerian-elements-formats/>
- <http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/eisei20.htm>
- <http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr710.htm>
- <http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr766.htm>
- <http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/numbr802.htm>
- <http://www.pe0sat.vgnet.nl/satellite/sat-information/tle/>

人工衛星は、軌道傾斜角・昇交点赤経・離心率・近地点引数・平均近点角・平均運動の6要素でその軌道は確定する。この軌道要素 (TLE, Two Line Elements) は、次のサイトにおいて 日々更新されるので、それを「CALSAT32」に取り込む。

- <http://www.celestrak.com/NORAD/elements/amateur.txt> NORAD Amateur Radio
- <http://www.celestrak.com/NORAD/elements/cubesat.txt> NORAD CubeSats
- <http://www.amsat.org/tle/current/nasa.all> AMSAT Keps
- <http://tle.pe0sat.nl/kepler/mykepler.txt> PEOSAT Site
- <http://www.space-track.org/auth/login> Space-Track

(注) 「CALSAT32」から自動でTLEを取り込むことが出来るが、上記TLEを手動でフォルダ内の「ELEM.TXT」にコピーするのが簡単。「CALSAT32」の起動と同時にTLEを読み込んでくれる。



```

FO:29
1 24278U 96046B 20306.85144358 -.00000017 +00000-0 +18306-4 0 9993
2 24278 098.5892 038.7329 0350704 019.2733 342.1298 13.53099748195465

DECODE 2-LINE ELSETS WITH THE FOLLOWING KEY:
1 AAAAAA 00 0 0 BBBB.BBBBBBBB .CCCCCCC 00000-0 00000-0 0 DDZ
2 AAAAA EEE.EEEE FFF.FFFF GGGGGGG HHH.HHHH 1111.1111 JJ.JJJJJJ KKKKKK

KEY: A-catalognum B-epochtime C-decay D-elementum E-inclination F-raan
G-eccentricity H-argument I-nomnom J-nomnom K-orbitnum Z-checksum

《1行目》
文字番号
1 行番号...(1) 33 空欄
2 空欄 34-43 軌道1
3-7 衛星識別番号...(24278) 44 空欄
8 空欄 45-52 軌道2
9 空欄 53 空欄
10-11 打上げ年(西暦年の下2桁)...(96) 54-61 軌道3
12-14 打上げ月番号...(46) 62 空欄
15-17 同時打上げ衛星の識別数...(8) 63 空欄
18 空欄 64 空欄
19-20 元期年(西暦の下2桁)...(20) 65-68 エレメント番号...(999)
21-32 元期 通日で表示...(306.85144358) 69 チェックサム...(3)

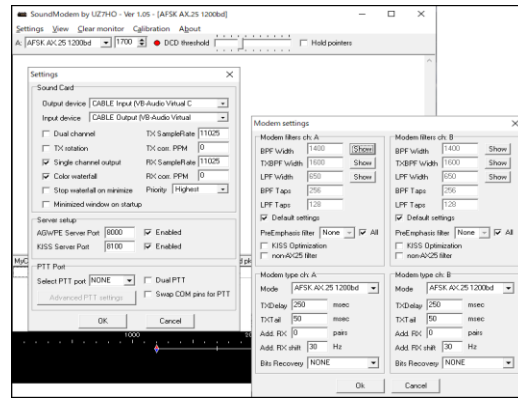
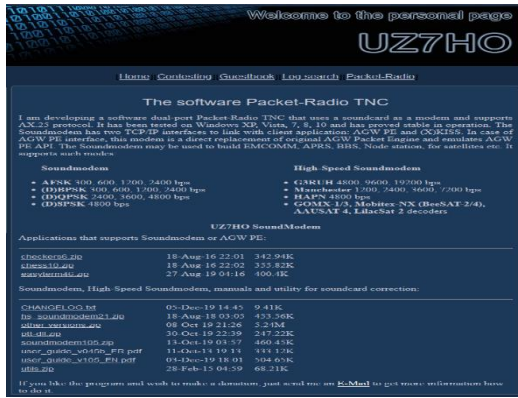
《2行目》
文字番号
1 行番号...(2) 34 空欄
2 空欄 35-42 近地点引数...(019.2733)[度]
3-7 衛星識別番号...(24278) 43 空欄
8-16 軌道傾斜角...(098.5892)[度] 44-51 平均近点角...(342.1298)[度]
9-16 軌道傾斜角...(098.5892)[度] 52 空欄
17 空欄 53-63 平均運動...(13.53099748)
18-25 昇交点赤経...(038.7329)[度] 64-68 周回番号...(9546)
26 空欄 69 チェックサム...(3)
27-33 離心率...(0.0350704)

```

9. SDR#で受信した信号を解読するため標準的なソフトが、「Soundmodem」と呼ばれるソフトである。人工衛星からは、1200bps, 9600bps などの通信速度で、AFSK, FSK, AFSK, BPSK などのいろいろな形式の種類の信号が、衛星ごとに送信されてくる。これらの様々な信号にほぼ対応しているのが、「Soundmodem」である。SDR#で受信した衛星信号を、リアルタイムで画面上に表示してくれる。「Soundmodem」は次図のように、大まかに衛星に対応していくつかの種類がある。最初のうちは soundmodem105.zip と hs_soundmodem26.zip を、それぞれ別フォルダに解凍して使ってみよう。これはそれぞれ、1200bps, 9600bps などの衛星に対応している。次図参照。

<http://uz7.ho.ua/packetradio.htm>

<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/items.htm>



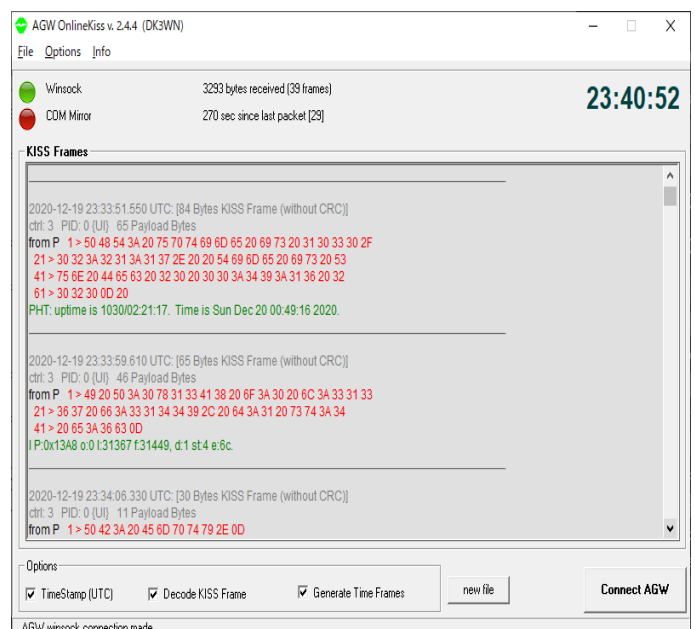
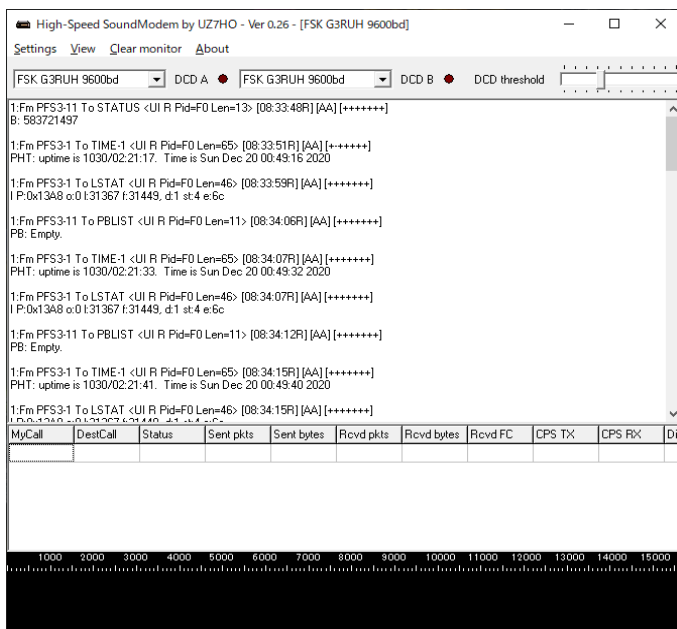
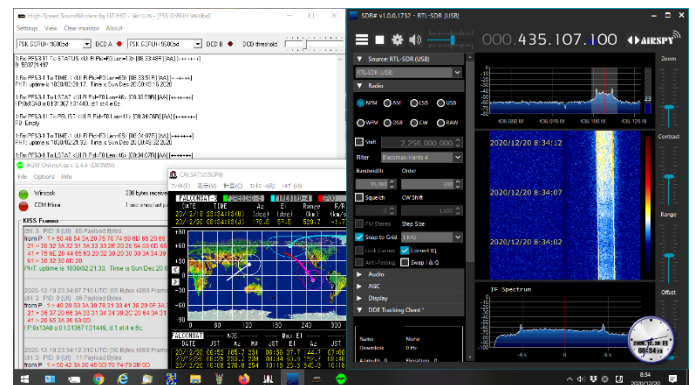
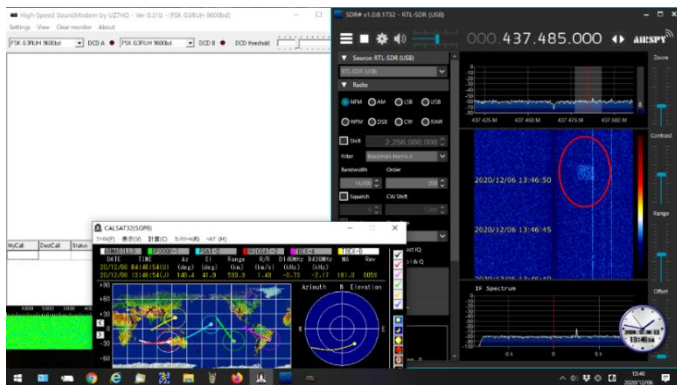
10. 本日 2020 年 12 月 6 日 (Sun) は記念すべき日となった。石垣島で初めて人工衛星の信号を確認した。都心では必ずある雑音ノイズは当地では全くない。ゼロ%だ。固定アンテナで受信できる衛星を待ち構えるため、一日に受信機会があまりない。本日受信した衛星は 米国ミシガン大学 TBEX-B というアマチュア衛星で、2019 年 6 月 25 日に 他の衛星と共に、SpaceX Falcon Heavy ロケットによって 米国ケープカナベラル空軍基地から打ち上げられた衛星である。衛星が、いつどこに飛来するのか、また 各衛星の諸元については、以前紹介したソフトやサイト等で調べるとよい。次回、ISS (国際宇宙ステーション) からの信号のデコード (解読) に挑戦してみる。

TBEX-B, University of Michigan

437.485MHz 9600bps GMSK, 13:41-13:51JST
6 December 2020, WS-S-E, Max Ele 44 deg

FalconSAT-3, U.S. Air Force Academy

435.103MHz 9600bps GMSK, 8:29-8:40JST
20 December 2020, WS-S-EN, Max Ele 61 deg



11. 新年 2021 年 1 月 1 日、9 ヶ月ぶりに横浜の自宅に戻りくつろいでいる。置いていった LINUX_PC を久しぶりに立ち上げたが、衛星ソフトの扱い方をすっかり忘れていた。石垣島では、LINUX を使っている人はいない(と思う)ので、この PC を石垣島に持ち帰り、いろいろと情報発信をしようと思う。まず、以前自分が HP で書いた LINUX 関連のたくさんの記事を、今読み返している。

<http://www.asahi-net.or.jp/~ei7m-wkt/index.htm> (衛星通信入門) 参照

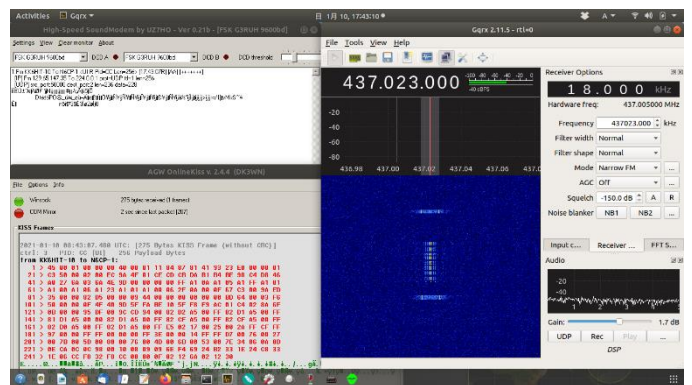
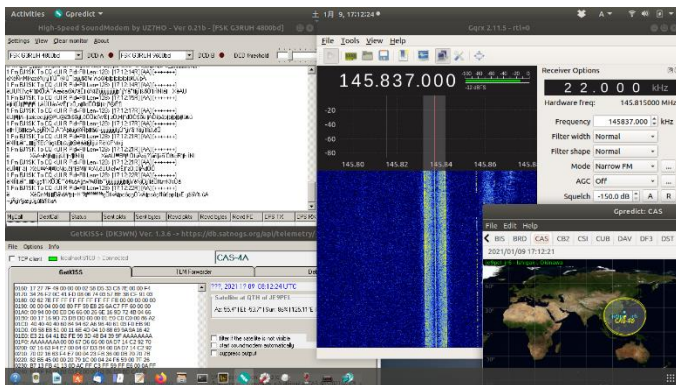
[LINUX USB Settings #1, #2, #3, #4](#)

[Satellites on LINUX #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7](#)

なかなか 144 帯の衛星の受信に恵まれなかったが、本年に入って初めて中国衛星 CAS-4A の 4k8 信号をデコードすることができた。アンテナは、Diamond の A144S5R2 5 エレシングルである。今回も LINUX_PC で受信してみた。なお 430 帯アンテナは、A430S10R2 10 エレシングルである。これから他の衛星も LINUX_PC で受信実験をしてみよう。

CAS-4A, Zhuhai Orbita Engineering Ltd.
145.835MHz 4800bps GMSK, 17:07-17:19JST
9 January 2021, WS-S-EN, Max Ele 46 deg

LightSail-2, California Polytechnic State University
437.025MHz 9600bps GMSK, 17:35-17:50JST
10 January 2021, W-S-SE, Max Ele 50 deg

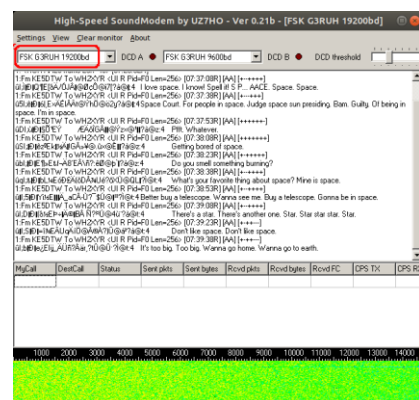
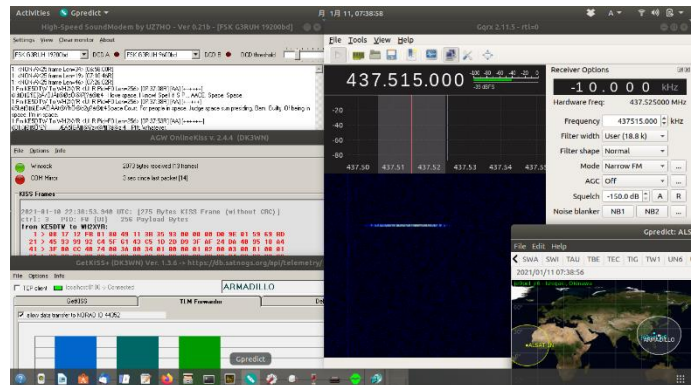


Armadillo in Ishigaki

19200bps 信号を受信デコードした。その運用風景↓。
アンテナ間ブームをカーボン炭素繊維製に取り換えた。

Armadillo, University of Texas

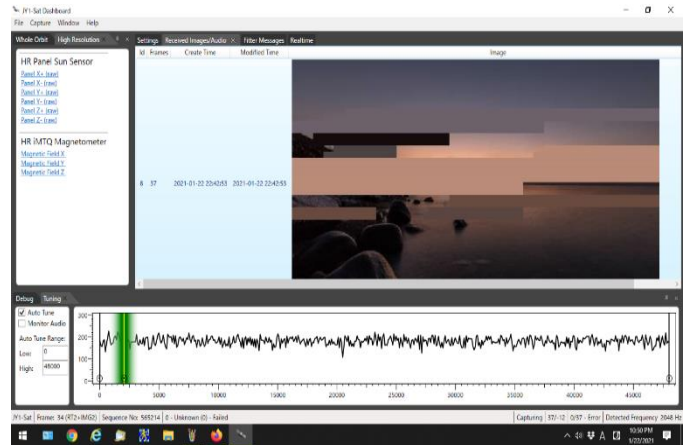
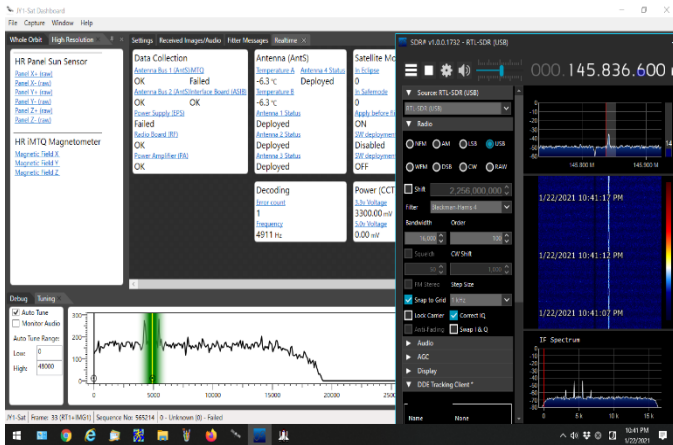
437.525MHz 19200bps GMSK, 07:31-07:44JST
11 January 2021, NW-S-SE, Max Ele 77 deg



JY1Sat, Jordanian University, Jordan

145.840MHz 1200bps BPSK, 22:36-22:48JST, 22 January 2021, SE-E-N, Max Ele 81 deg

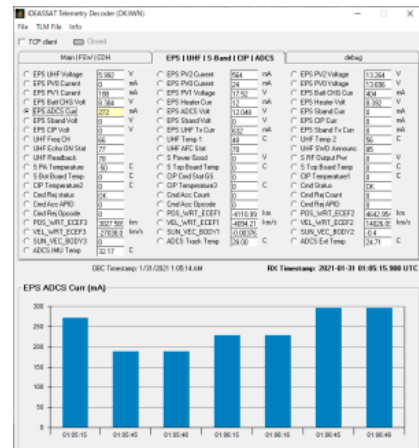
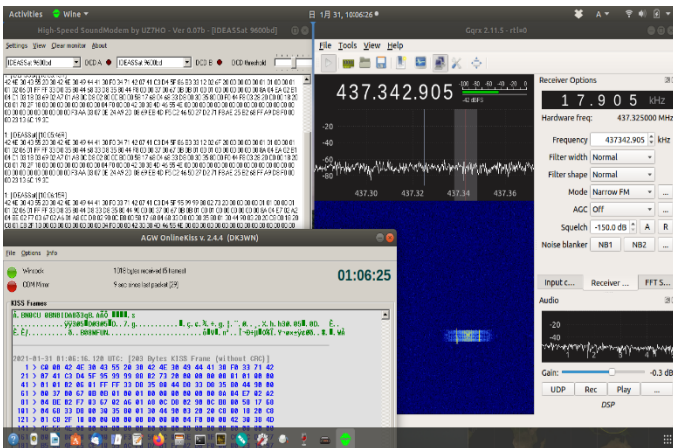
米国ケープカナベラル空軍基地から2018年11月15日に打ち上げられた、中東・西アジアに位置するヨルダン初の衛星。宇宙から画像データを送信している。専用ソフトを使って、リアルタイム受信。



IDEASSat, Graduate Institute of Space Science National Central University, Taiwan

437.345MHz 9600bps GMSK, 10:00-10:11JST, 31 January 2021, NE-E-S, Max Ele 33 deg

2021年1月24日に打ち上げられた台湾中央国立大学の衛星。専用ソフトを使い衛星内部の状況を解析。

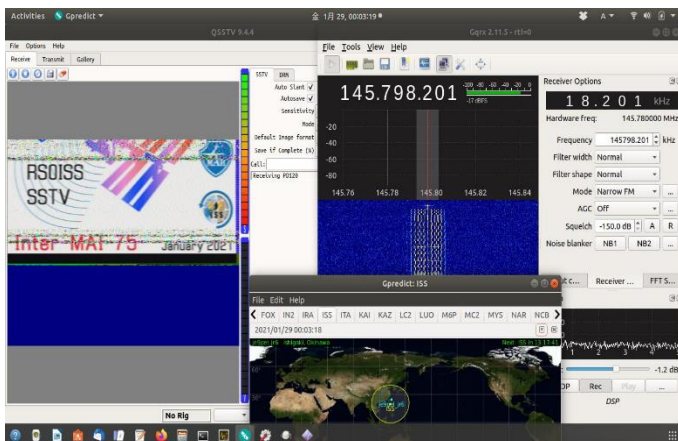


12. 国際宇宙ステーション(ISS)を受信する。

ISS, International Space Station

145.800MHz SSTV, 14:57-15:07UTC, 28 January 2021, NW-W-SE, Max Ele 41 deg

ベランダ南向き、Az 180° El 30° 固定ビームアンテナで、ISS 画像データを LINUX_PC 上で処理した。国際宇宙ステーション(ISS)からの電波の受信は、石垣島では初の出来事であろう。2021年1月29日



設置機器

- アンテナ DIAMOND A430S10R2 (430MHz 帯)
- DIAMOND A144S5R2 (144MHz 帯)
- プリアンプ GPA-720J (430MHz 帯)
- GPA-2020 (144MHz 帯)
- Note PC ASUS EeeBook X205TA
- FUJITSU LIFEBOOK AH30/B1
- RTL-SDR DS-DT308SV, DBV-T+FM+DAB