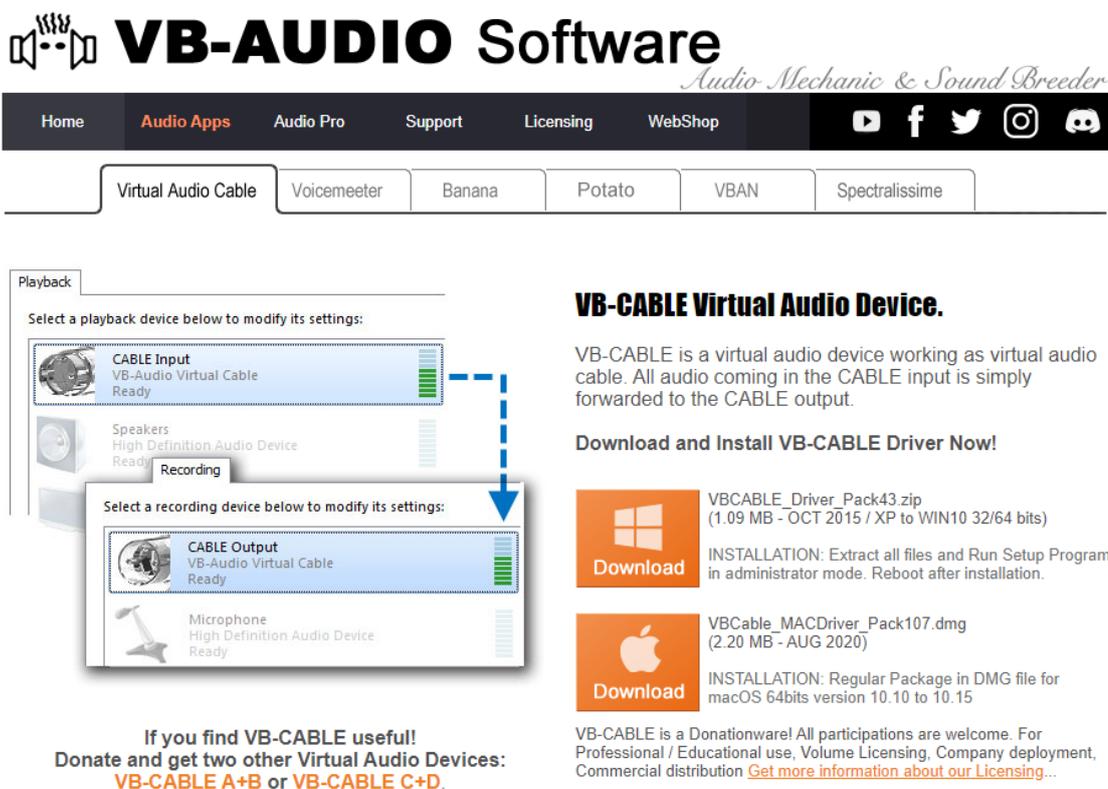


NEXUS 衛星の 38.4kbps $1/4\pi$ shiftQPSK の受信 S/W について日大では GNURadio や SimuLink にて開発を行い評価中です。いずれ公開されます。超小型衛星の DATA 収集用に UZ7HO Andy さんの SoundModem があります。私たちも NEXUS の 19.2kbps GMSK までは既に SoundModem を使ってきました。多くの受信速度のデコード機能があり、その中には 2400bps $1/4\pi$ DQPSK については既に開発されていました。

Andy さんが 38.4kbps も開発していただけたらなと思いつつ 2020 年 12 月の JAMSAT Web Mtg において JAOCWA 佐藤氏にお話したところ、UZ7HO Andy さんへ快くリクエストして頂くことになりました。日大の開発チームと佐藤氏経由でやり取りを行い、数週間後の年初には初版が出来、JAOCWA 局および数局が機能試験をされていました。私の方は後追いで JAOCWA 佐藤氏から頂いた音源を HSDR の再生機能を使ってうまくデコード出来ませんでした。Sound Card の通常設定（内部音源の Stereo Mix）では Sample rate が Max48kHz でした。結果帯域が 24kHz 以上には広がりませんでした。最低でも 96 kHz が必要でありデコード率を向上させるには 192kHz が必要になるとのこと。ハイレゾ音源が最初からは搭載されている PC では Stereo Mix でも 192kHz まで伸びているそうです。私は VB-Cable を使い、S/W で Sample Rate の変換と仮想内部 Cable で SPKR と MIC を接続してくれるドライバーが必要でした。

VB-Cable (仮想オーディオ・ケーブル接続)

<https://vb-audio.com/Cable/> からダウンロードできます。通常は、VBCABLE_Driver_Pack43.zip を選びます。なお、VB-cable を Install する場合は 64bit 用と 32bit 用と Setup が違いますので、ご注意願います。Install 方法は、以下を参照ください。



VB-AUDIO Software
Audio Mechanic & Sound Breeder

Home Audio Apps Audio Pro Support Licensing WebShop

Virtual Audio Cable Voicemeeter Banana Potato VBAN Spectralissime

VB-CABLE Virtual Audio Device.

VB-CABLE is a virtual audio device working as virtual audio cable. All audio coming in the CABLE input is simply forwarded to the CABLE output.

Download and Install VB-CABLE Driver Now!

Download VBCABLE_Driver_Pack43.zip (1.09 MB - OCT 2015 / XP to WIN10 32/64 bits)
INSTALLATION: Extract all files and Run Setup Program in administrator mode. Reboot after installation.

Download VBCable_MACDriver_Pack107.dmg (2.20 MB - AUG 2020)
INSTALLATION: Regular Package in DMG file for macOS 64bits version 10.10 to 10.15

VB-CABLE is a Donationware! All participations are welcome. For Professional / Educational use, Volume Licensing, Company deployment, Commercial distribution [Get more information about our Licensing...](#)

If you find VB-CABLE useful!
Donate and get two other Virtual Audio Devices:
[VB-CABLE A+B](#) or [VB-CABLE C+D](#).

導入方法について、以下を参照

<http://www.icas.to/sdrplay/digital/vba/>

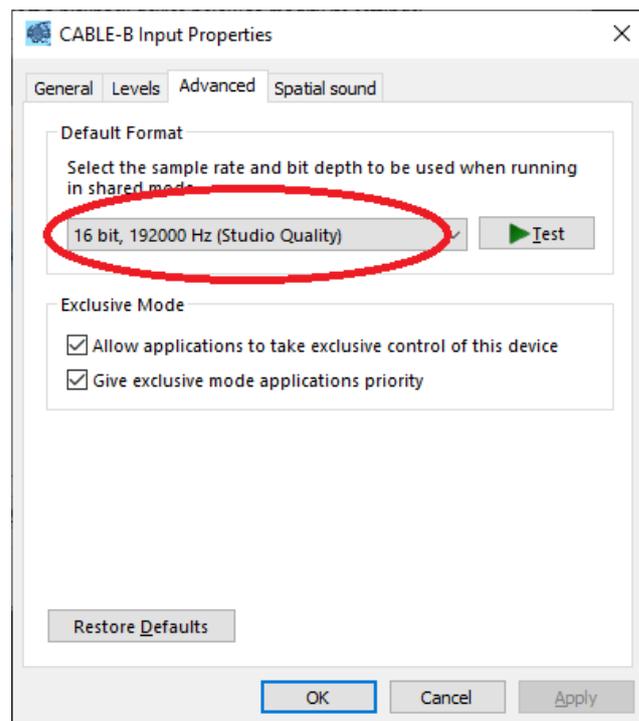
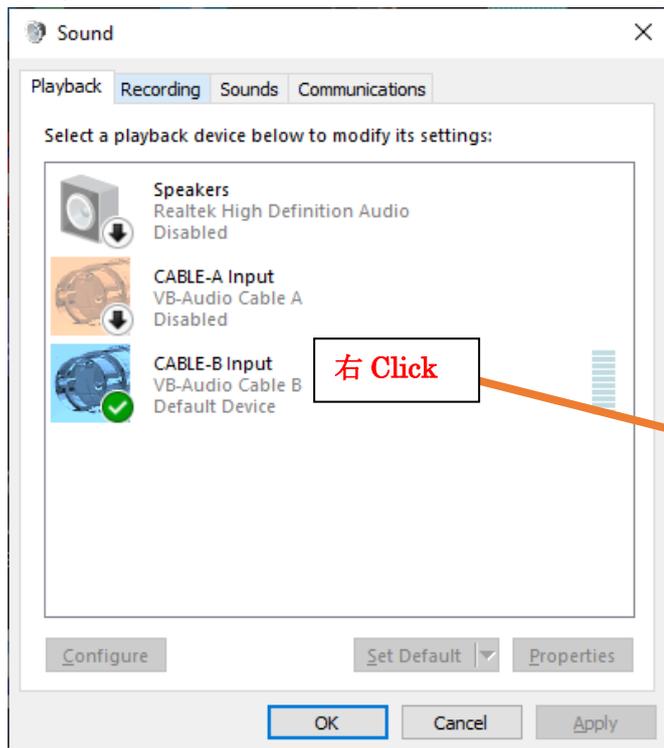
<https://arutora.com/15923>

VB-Cable 画面設定

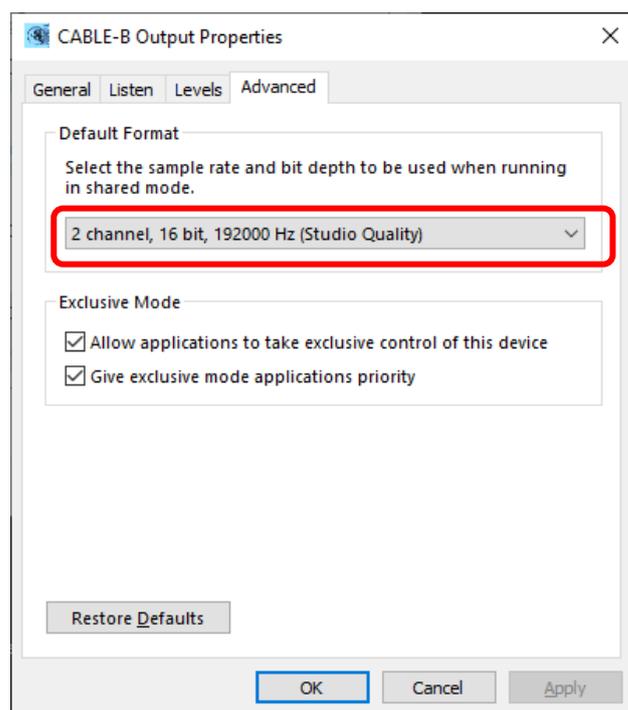
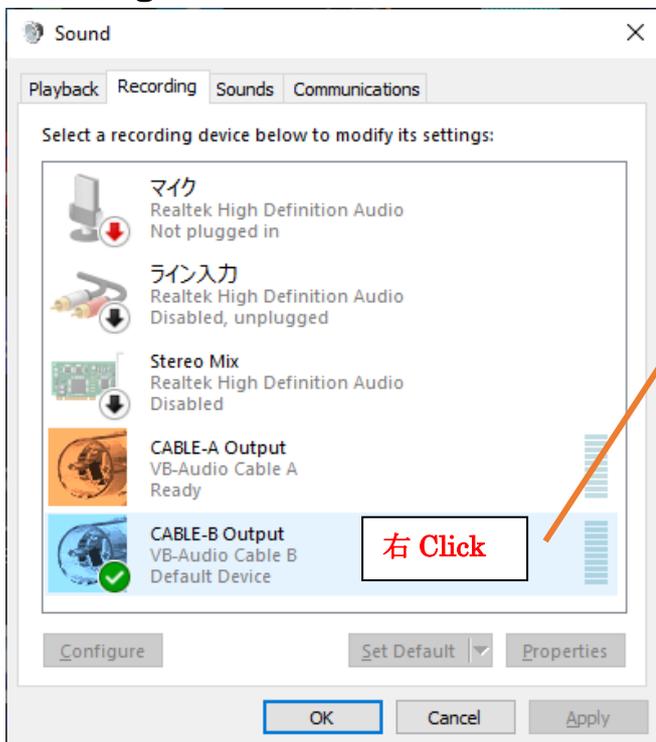
Sound Control Panel から入る。(頻繁に使いますので設定画面を覚えること)

注 私の場合 CABLE-B を使っていますが、何か無料および A が動作しないため。

Playback



Recording



38.4kbps $1/4\pi$ shiftQPSK の占有周波数帯域は約 30kHz(実測 26kHz)であるためデコード率を高めるた

めには受信帯域は少なくとも 30kHz は必要になります。受信されている多くの方は HDSDR の IF の帯域画面を見ると 40kHz と設定されています。

$$\text{占有帯域幅} = \text{シンボル・レート} \times (1 + \alpha) \quad \text{OBW} = 19.2\text{k symbol/s} \times (1 + 0.35) = 25.92\text{kHz}$$

α : フィルターパラメータ

HDSDR のインストール

以下参照されて 435.900MHz USB が受信できるようにする。(詳細は省きます Web 参照)

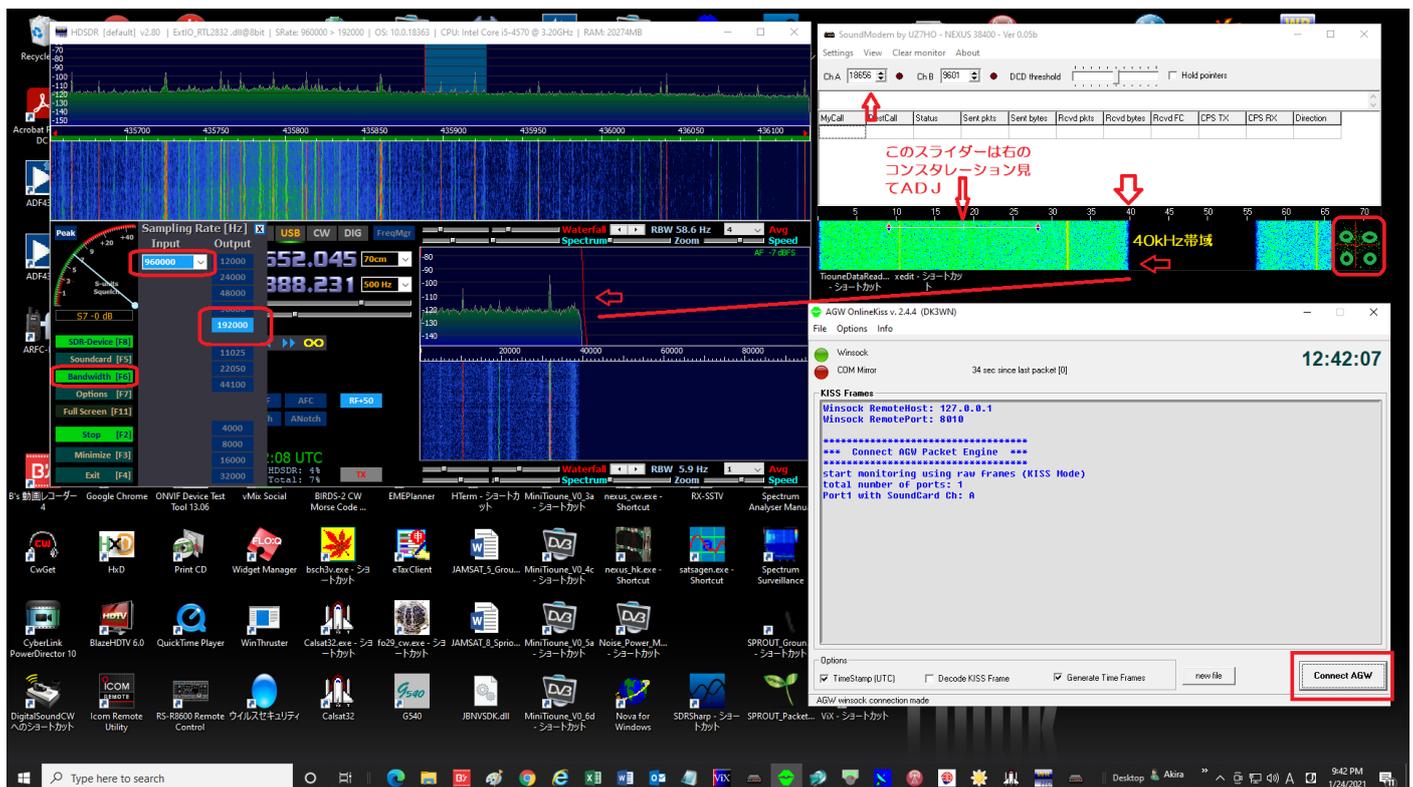
https://jm1x.tk.dip.jp/cnt/112_hdsdr280/index.php

なお、SDR Dongle は RTL 2832U を使っている方が多いようです。ADC は 8bit でも良さそうです。

HDSDR 画面

HDSDR の設定画面

Bandwidth Input : 960k もっと大きくても良い Output : 192k
Mode は USB に設定し、IF の帯域を 40kHz まで伸ばす。(赤い縦棒をドラッグ)



ドップラー周波数補正の設定は OmniRig 1 を使い、Orbitron の衛星および周波数設定画面で行います。Orbitron で生成された FO-99 からのダウンリンク周波数、AZ,EL などの情報が吐き出されます。

HDSDR 側は Option 画面の中に DDE to HDSDR の設定があるので、Tune を指定して Manual Connect で接続してください。Orbitron の周波数設定を 435.885MHz にセットした場合、SoundModem NEXUS 38400 は、Ch A の小窓を 15,000Hz に設定するとスライダの調整は不要でした。一度これらを合わせれば、その後は Orbitron からの自動制御に任せておけばよいはず。

Orbitron のインストール

<http://www.stoff.pl/>

国内で多くの使用例が HP で掲載されています。ここでは省略いたします。
必要なのは自局の緯度・経度と Callsign の設定です。また、FO-99 の TLE が最新であることと周波数設定情報、DDE 経由による HSDR 制御動作の確認がポイントです。

The screenshot shows the Orbitron 3.71 interface. At the top, a world map displays satellite orbits. A central window titled 'My DDE Client 1.05' shows the following data:
Received string: "FO-99" AZ111.0 EL-80.8 DN435880113 UP144999962
DMUSB RA13099.865 RR-0.078 LQ297.3616 LA-40.7046
AL321.270 TU20210125011145 TL20210125101145
Sat name: D-99, Azimuth: 111.0, Elevation: -80.8
Uplink: 144999962 Hz, Downlink: 435880113 Hz
Uplink mode, Downlink mode: USB
Notification: none
DDE con v. statu: Opened
Buttons: Exit
Below the map, a control panel for 'FO-99' is visible. It includes fields for azimuth (111.0), downlink frequency (435.880000 MHz), and uplink frequency (145.000 MHz). A dropdown menu labeled 'ドライバー' (Driver) is set to 'MyDDE'. A red box highlights this dropdown, with a red arrow pointing to it and the text 'クリック' (Click).
On the right side, a list of satellites is shown. 'FO-99' is selected and highlighted with a red box. Below the list, a button labeled '次を表示' (Show next) is also highlighted with a red box.
At the bottom, a digital clock shows '01:11:45' and the date '2021-01-25'. A compass rose is visible at the bottom right.

HSDR との連携

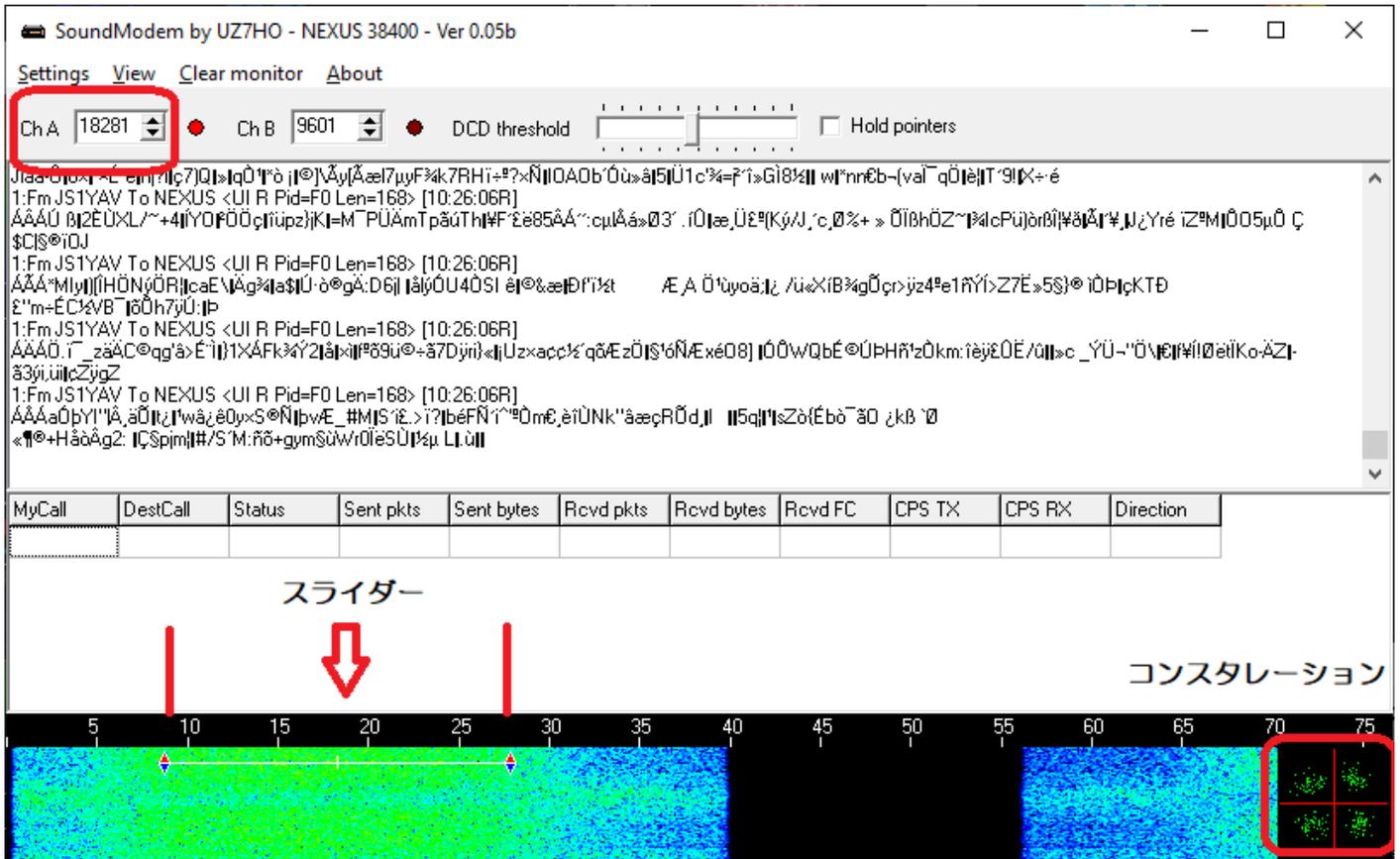
ドップラー周波数を Orbitron から (DDE) OmniRig を経由して HSDR の周波数を追従させます。

SoundModem NEXUS V0.5b by UZ7HO

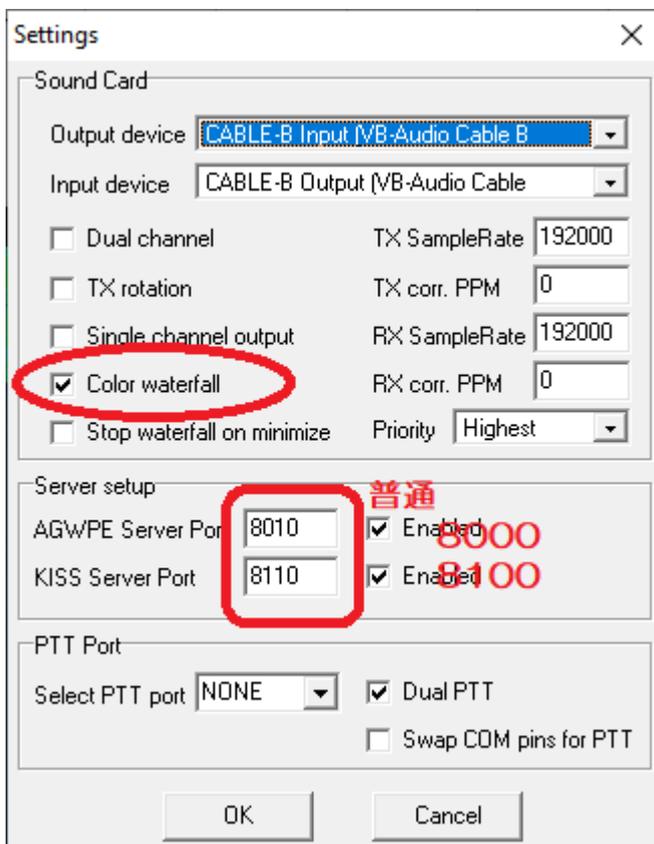
現在のところ SoundModem NEXUS 用は UZ7HO Andy さんの HP 上では掲載されていませんので、個別に JAOCAW 佐藤氏あるいは金子へお問い合わせください。

VB-cable で接続されていると SoundModem の WaterFall の緑色の帯域幅も HSDR の設定画面と同じ 40kHz になるはず。もしならない場合は VB-cable の Output Property で 192kHz になっているか確認。

Waterfall のカラー化は Setting メニューの Devices にあります。受信時の周波数および SoundModem の周波数設定用スライダーの中心周波数 (15kHz や 20kHz) の設定については、コンスタレーションの 4 つの星の位置とデコード状態を見ながら調整してください。



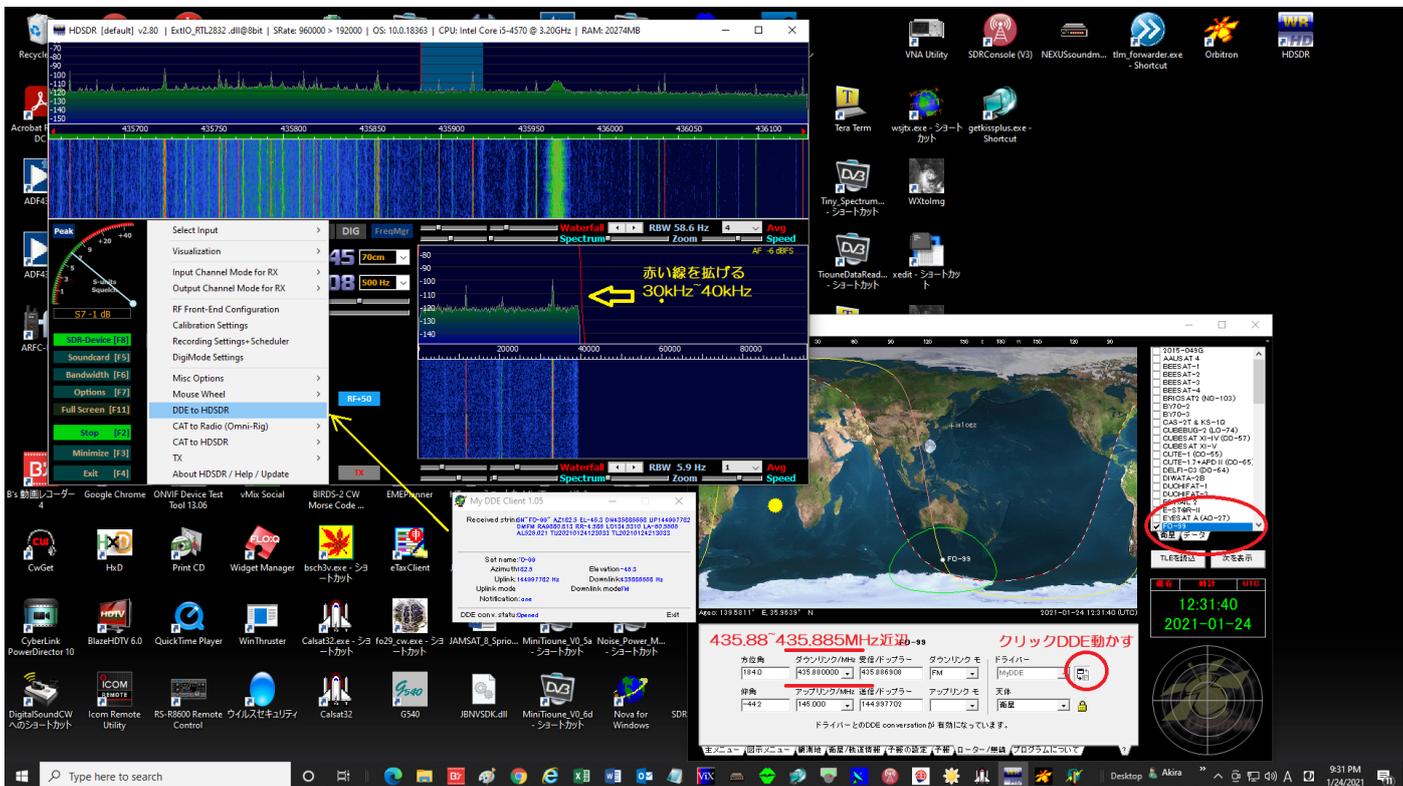
SoundModem Settings Devices



私のPCでPORT 8000 が他のデバイスで使われるため。8100 も同様。

HSDR と Orbitron との連携

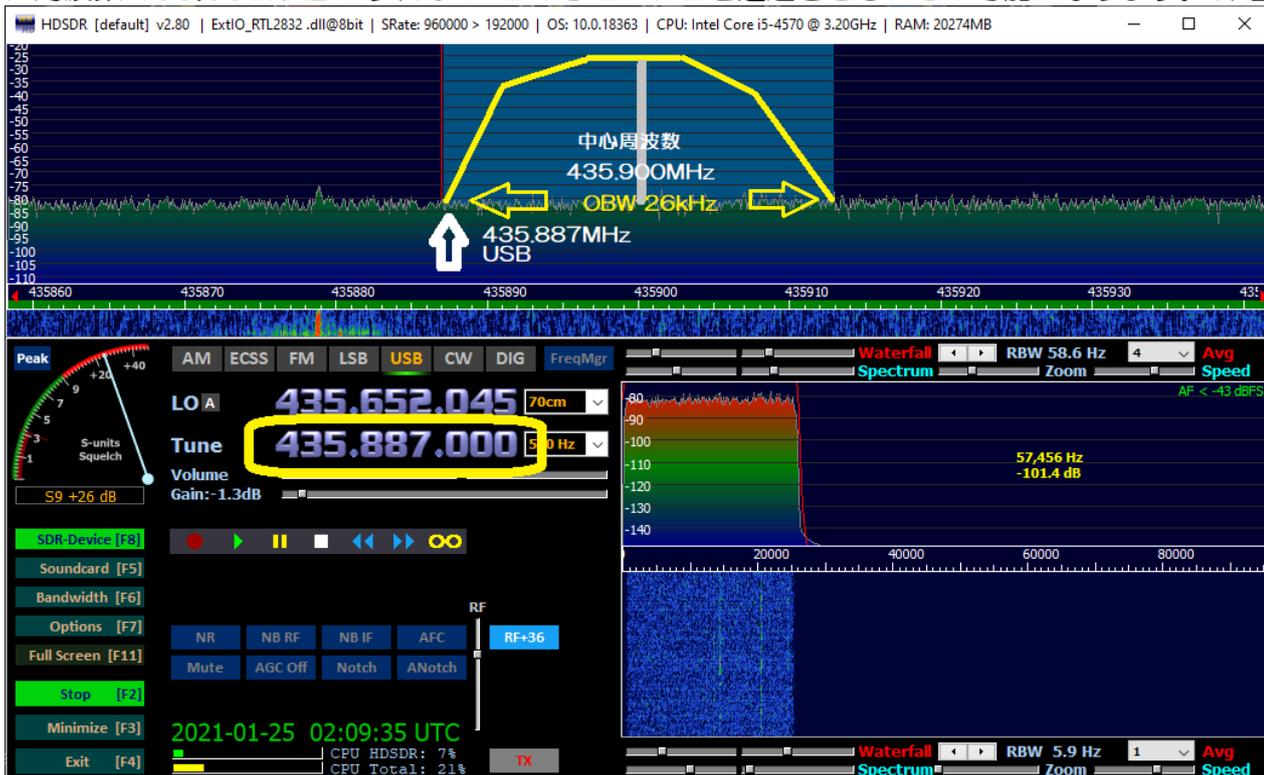
ドップラー周波数を Orbitron から (DDE)OmniRig を経由して HSDR の周波数を追従させる。



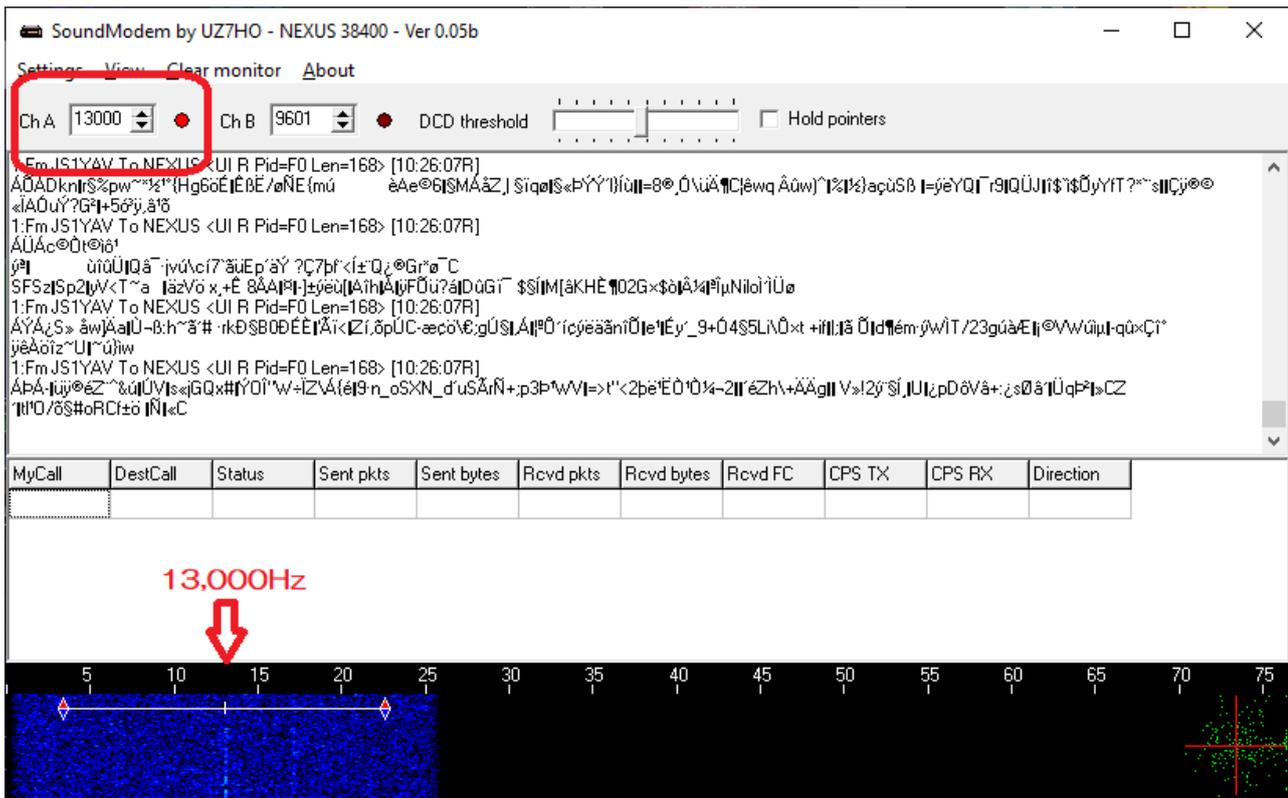
NEXUSの衛星からの周波数は435.900MHzであるが、USBのModeで受信するため、キャリア周波数を勘案すると、帯域30kHzとした場合は、中心周波数は半分の15kHzであるから435.885MHzに設定あるいはさらに広く取り(435.880MHz)、SoundModem側のSlider Barで復調周波数帯域を調整しても良い。画面右側にQPSKのコンスタレーションの田の字の中にきちっと入るようにSlider Barを左右にうごかすか、ChAの数字を調整すると、15,000Hzから20,000Hzになるでしょう。この値は、USBの受信周波数設定値と反比例します。

USBの受信(理論上の話)

ご存知のようにUSBの受信はキャリア周波数から高い周波数成分が音域の成分になります。NEXUSの38k4 QPSKの帯域(OBW)は測定では26kHzになります。この26kHzの音声帯域が通過すればよいはずで、では435.900MHzを受信するにはキャリア周波数をOBWの半分13kHz低いキャリア周波数435.887kHzにすれば0Hzから26kHzを通過させることが可能になります。(下図参照)



そしてこの時の SoundModem 側の中心周波数調整のスライダーは 13,000Hz です。



しかしながら、この場合通過必要音声周波数は0Hz~26kHz になるので低い0Hz 近くの周波数成分が通りにくいので、通過しやすい音声周波数帯域にシフトしたほうが良いことになります。また、OBW は通常電力成分の99%ですので更に広く取ったほうが確実です。

よって、5kHz キャリア周波数を下げて **435.885MHz** にしたことによって0Hz からの音域が5kHz 以上から31kHz になります。この場合 SoundModem 側のスライダーは **15,000Hz** になります。

なお、SDR ドングル受信機の周波数がきちっと合っている上での設定ですので、温度によってドリフトを起こす癖があるものは論外になります。出来れば TCXO 付にするか、そこまで求めなくてもお使いの SDR ドングル受信機の傾向を掴み自分の環境に合うキャリア周波数を決定されてください。私の場合は 435.880MHz とさらに下げて試しております。Twitter に JA0CAW、JA1GDE、JA5BLZ 各局が Up した受信画面をくまなく見てどのように設定されているか参照していました。

取得した生データを Kiss File に変換

DK3WN Mike さんが SoundModem からデコードされた RAW データから Kiss File に変換する S/W を多種開発されています。リアルタイムに取得したテレメトリーデータから数値を計算させてグラフ化を独自に行っています。衛星開発機関がテレメトリーデータの仕様と数値計算方法などを事前に開示する必要があります。独自に作られておりますのでドネーションも考慮されてください。私が使っているものは下の画面にあるものを使っています。なお、この S/W を使うためには英語版 Windows に使用環境を変更する必要があります。※参照関連情報

<https://www.satblog.info/software/>

AGW OnlineKiss v. 2.4.4 (DK3WN)

File Options Info

Winsock 33901 bytes received (180 frames) 04:39:16

COM Mirror 9 sec since last packet [1]

KISS Frames

```

161 > 6B 3A 51 F7 75 DC 18 ED
Á.. Á>Yüë.5kø.ZH\`ðSgËùU0\ÿK.■1ó.²äç@.■. ^{FB~P:.U■°. \MÿIZÿ.´´0ñU°].çÄ.y×.~úþ$ýð?ìÿ?.■ððúñÐ.
ÿõ■E°H,.þNñ.©iú@Ë´k,÷.Ûzý)F.■P: .\FðC6■?■9F^Krb^ÿ.Ëäjcüâþ.±-á´ðFgú0ük:Q÷uü.í

2021-01-25 04:39:06.960 UTC: [191 Bytes KISS Frame (without CRC)]
ctrl: 3 PID: F0 {UI} 168 Payload Bytes
From JS1YAU to NEXUS:
 1 > C1 00 03 82 C1 7A F6 7B D9 FE 7B C9 27 C7 DD 2F C7 15 52 CA
21 > 69 6E 2E 63 DC ED 2C 98 C6 37 61 B1 5A C6 2B 90 46 8D AD F3
41 > 6D 92 41 24 F1 5B BF C9 23 FD FD DE 81 EA DB 34 DD EA FA D4
61 > 70 6A 29 B4 37 C9 0C 18 DC A5 6B 5D A0 3A 91 E1 0C 0E DC C7
81 > 6F AC 4D F6 79 C8 DD 0B 87 FF 00 58 33 FC 55 62 EB 53 D1 EC
101 > 2E BF B2 EC EC E3 9A CF 9D B2 12 AC CA 7D 8D 73 39 CE A3 F2
121 > 2F 44 33 5C 0C 62 DC B6 11 41 E5 4A 34 F2 00 12 F0 FB 80 EB
141 > B6 B2 62 F1 44 F2 C8 24 65 88 5C 79 BC CF 23 82 54 76 C7 A0
161 > AA A7 43 DD B8 B9 8D AF
Á..■Ázð{Üþ{É´Çÿ/Ç.RËin.cüí,■Æ7a±ZÆ+ F óm'A$ñ[¿É#ýýþ êU4ÿêú0þj)'7É..Üÿk] :
´á..Ûçø-MöyËÿ.■ÿ.x3ÜUþèSñì.¿²ììñÿ´.-Ë} s9ËÉð/D3\.bÜ¶.AäJ4ð..ð0■è¶²bñDðËÿe■
\ÿ%ÿ■Tuç æçÿ,´

```

Options

TimeStamp (UTC) Decode KISS Frame Generate Time Frames new file Connect AGW

AGW winsock connection made

最近では、SatNOGS への転送と Kiss File 生成を同時に行う GetKiss も開発されています。

Online Telemetry Forwarder

SoundModem から受けたデータを SatNOGS へ送付し蓄積されます。

Online Telemetry Forwarder (DK3WN) Ver. 2.1.2 -> <https://db.satnogs.org/api/telemetry/>

File Options Info

TCP client localhost:8110 -> Connected **NEXUS** 23:41:18 UTC

allow data transfer

JS1YAU -> NEXUS waiting RX packets: 2911 | HTTP POST: 2911 | HTTP POST OK: 1038 | Buffer: 1873 CLR

2021-01-22 23:41:18.470: HTTP/1.1 201 Created Server: nginx Date: Fri, 22 Jan 2021 23:41:15 GMT Content-Length: 0 Connection: keep-alive
 2021-01-22 23:41:18.100: HTTP/1.1 201 Created Server: nginx Date: Fri, 22 Jan 2021 23:41:15 GMT Content-Length: 0 Connection: keep-alive
 2021-01-22 23:41:17.730: HTTP/1.1 201 Created Server: nginx Date: Fri, 22 Jan 2021 23:41:14 GMT Content-Length: 0 Connection: keep-alive
 2021-01-22 23:41:17.370: HTTP/1.1 201 Created Server: nginx Date: Fri, 22 Jan 2021 23:41:14 GMT Content-Length: 0 Connection: keep-alive

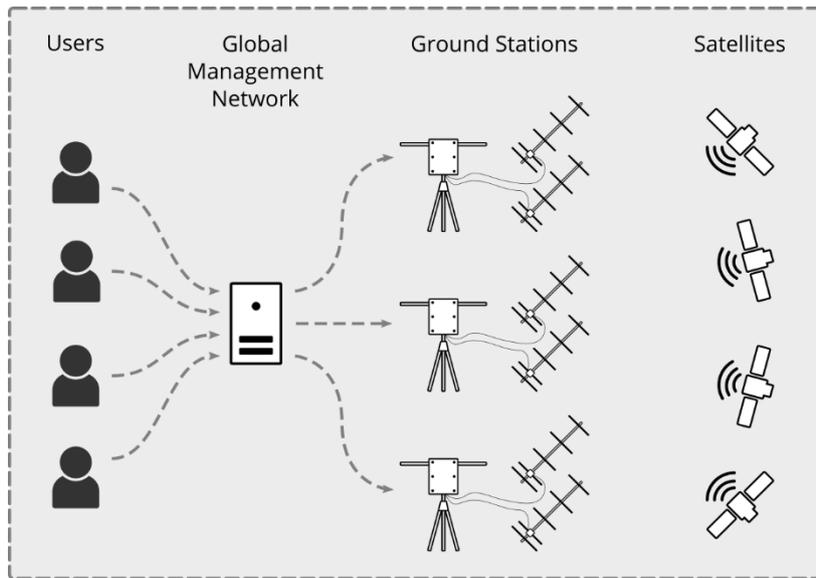
Type here to search

SatNOGS

完全なオープンな衛星の地上局ネットワークです。

衛星からの信号を世界各国受信局から CW やデータを受信しボランティアにより DB へ転送します。衛星からの信号は音声だけではなく受信軌跡も画像で残っています。衛星が自局から見えないところに飛んでいる状態も判ります。特に、ほぼ全てのアマチュア衛星からの信号を 24 時間 365 日観測していますので、衛星からのテレメトリーがいつ停波や復帰したなども含め重要なデータが蓄積されています。FO-29 が停波した時や NEXUS 衛星が復帰したタイミングも知る事ができました。ごく最近では、東工大 Origamisat-1 の CW が 1 月 26 日に復帰したことも確認できています。そして、転送されたデータ量も掲載されますのでアマチュア局のやる気を起こさせます。

<https://satnogs.org/>



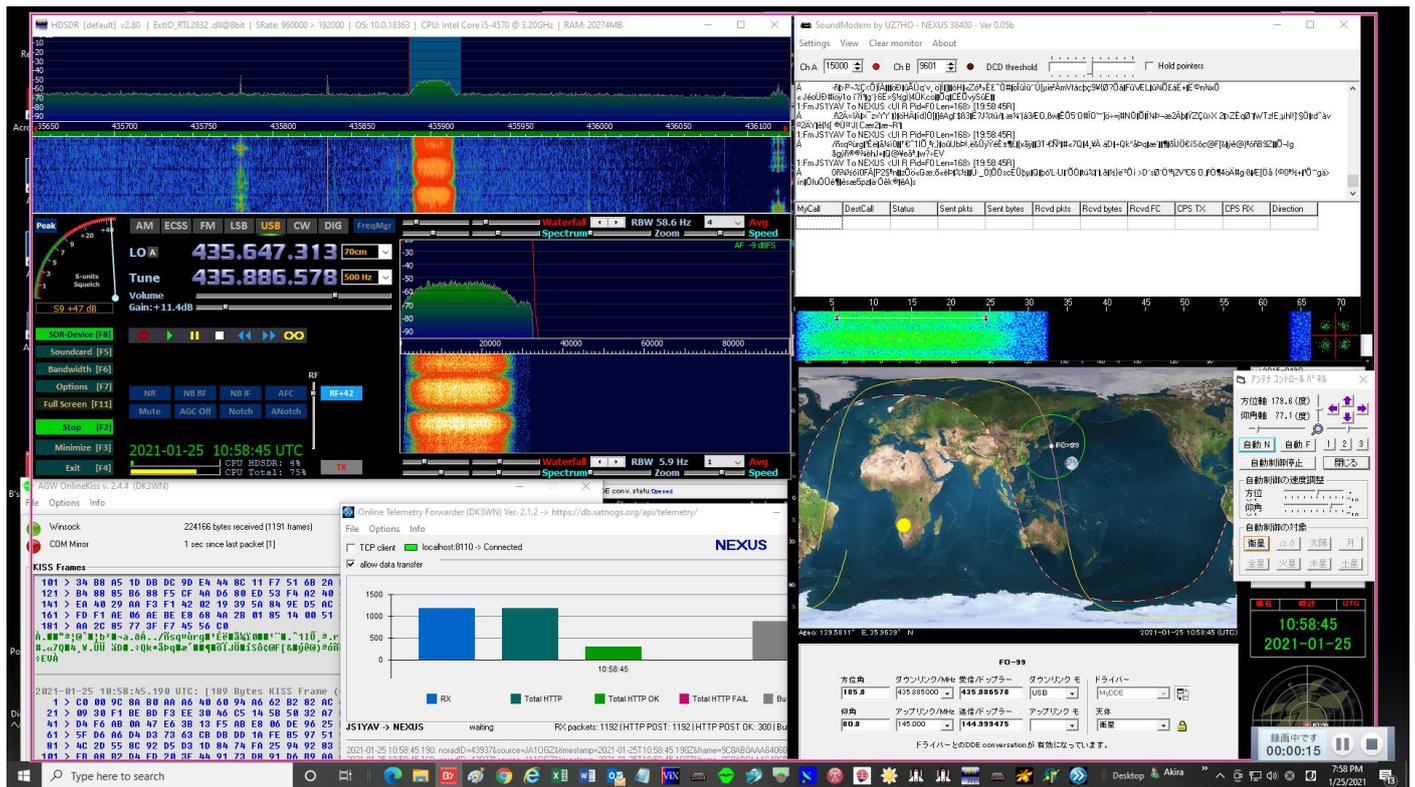
ここまでで、概ねの NEXUS の 38.4kbps $1/4\pi$ shiftQPSK 受信について終わります。

添付： その他受信画面

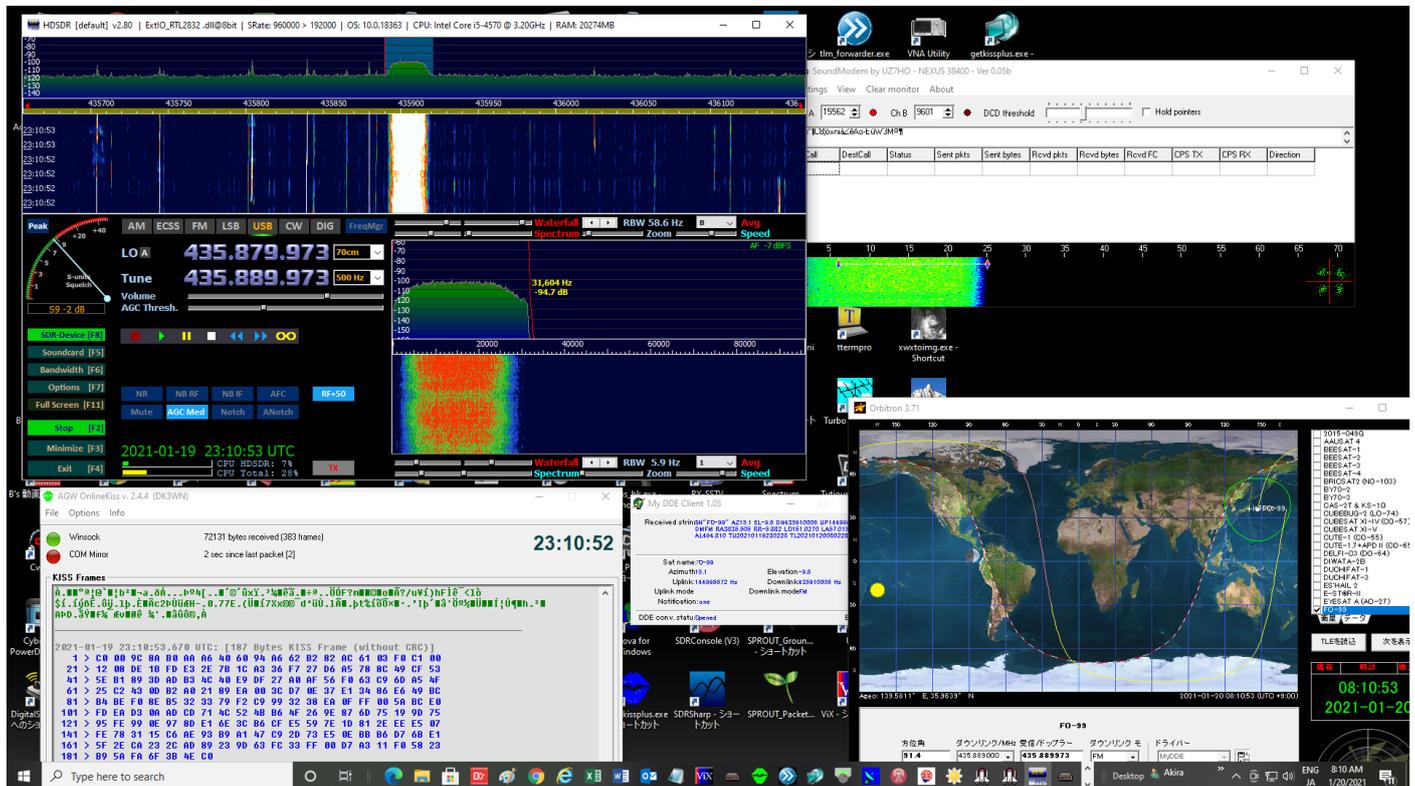
① 受信周波数が HDSDR 画面では左端になっています。正しくは中ほどでの表示を推奨します。

The screenshot shows a Windows desktop with several software windows open. The primary window is HDSDR (High Definition Software Defined Radio) v2.8.0, displaying a waterfall plot and various control panels. The frequency is set to 435.874.997 MHz. Other windows include 'SoundModem by GZTHD - NEXUS 38400 - Ver 0.036', 'Satellite Telemetry Forwarder (STF) Ver. 2.1.2', and a 'KISS Frames' window showing received data. A world map window shows the satellite's ground track. The system tray shows the date and time as 2021-01-22 10:33:56 UTC.

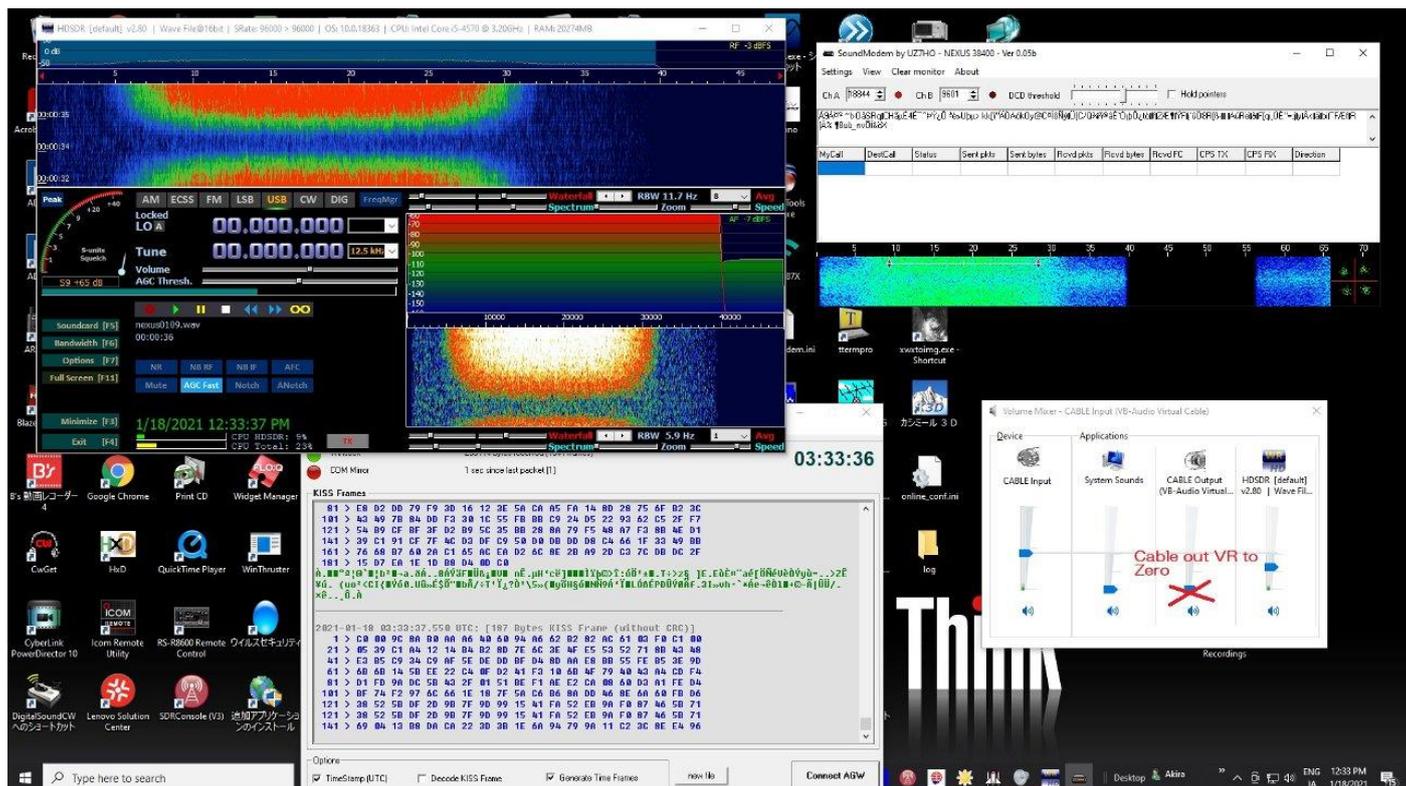
② Orbitron の基本周波数を 435.885MHz に設定し、SoundModem の ChA を 15,000Hz に設定。
 ※NEXUS の送信周波数 435.900MHz から -15kHz シフトした設定が一番良さそうです。



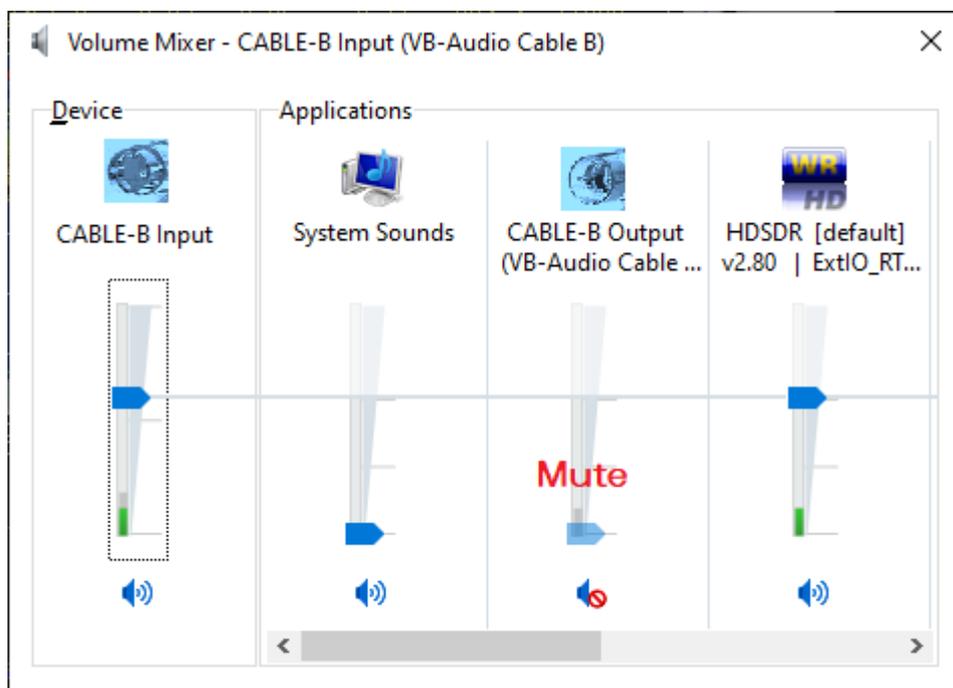
③ Sound Recording 側が Sample Rate 48kHz なので SoundModem 側の緑の範囲が狭い
 ※Stereo Mix を使用した例。



- ④ TEST 用 Wave file にて受信試験を実施、なかなかデコードできず。
 ※Cable Out の Volume 設定を上げ過ぎたことにより、音源が Loop していたようです。



- ⑤ VB-Cable の Volume 設定
 ※Cable Out の VR 調整を Mute (ZERO) に設定して OK となる。



おわりに

JAOCAW 佐藤氏から積極的にご支援いただきまして有難うございました。UZ7HO Andy さんとの中継役や改良を加える上で Beta 版を即日評価され Andy さんにもお伝え戴きました。年末にお願いした開発が数週間で実を結ぶことになりました。幾つか改良点もあるそうです大変感謝申し上げます。また、JA1GDE,JA5BLZ 各局からの受信画面を Twitter で参照することが出来ましたことが大変参考になりました。自分自身の失敗した点も含めて記載し備忘録とします。

特に、NEXUS プロジェクトが終わろうとしている矢先にこのようにスループット改善が見込まれました。評価の指標ではバス送信機 437.073MHz (GMSK 9600bps) の 3 倍のスループットを目標として来ましたが、独自受信 S/W では 2 倍から 2.8 倍であったところ SoundModem により 3 倍から 6 倍になりました。現在のところ日大では SoundModem を 1 日程度使っただけで垂直、水平偏波 ANT を合わせて約 6000 フレーム受信しました。今後設定の見直しをすることによってさらに改善も見込まれます。また、日大チームでは独自の受信 S/W の改良を行っていくとのことです。

参照関連情報

- SoundModem UZ7HO <http://uz7.ho.ua/packetradio.htm>

現時点では Beta 版の提供になりますので、個別に JAOCAW 佐藤氏あるいは JA1OGZ 金子へお問い合わせください。

メールアドレス ja1ogz アット jarl.com
ja0caw アット rose.ocn.ne.jp

- Decoding the NEXUS $\pi/4$ -DQPSK signal by Daniel EA4GPZ/MOHXM
<https://destvez.net/2021/01/decoding-the-nexus-pi-4-dqpsk-signal/>
(※テスト用の WAV 音源ファイルあり。)
- 各種衛星テレメトリーデコーダ Kiss file 変換 DK3WN Mike
<https://www.satblog.info/>
- Twitter NEXUS 受信画像 @ja0caw @ja1gde @ja5blz 各局
- 日大 NEXUS HP から S/W TNC を用いた復調方法 PC の設定方法
(Telemetry Forwarder の使用環境に英語版の Windows に変更する)

<http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/download/SoftwareTNC.pdf>

- OmniRig HB9RYZ
<http://www.hb9ryz.ch/omnirig/>
- SatNOGS <https://satnogs.org/>