

DMR 始めました

JG1UAA (uaa@uaa.org.uk)

2024年10月12日

目 次

第 1 章 はじめに	4
1.1 DMR って何	4
1.2 D-STAR/C4FM と何が違うの	4
1.3 どういう人に向いていないか	4
1.4 どういう楽しみ方があるか	5
第 2 章 最初に必要なのは DMR ID	6
2.1 ID が無いと始まらない	6
第 3 章 無線機を買う	8
3.1 どこで何を買うのか	8
3.2 免許申請について	9
第 4 章 ホットスポット用 RF モデムボード (JumboSPOT) を買う	11
4.1 どこで何を買うのか	11
4.2 免許申請について	12
第 5 章 ホットスポットを作ろう	15
5.1 どう作るのか	15
5.2 用意するもの	15
5.3 仮想 Linux マシンの構築	15
5.4 仮想マシンを終了させるには	18
5.5 MMDVMHost のコンパイル	18
第 6 章 ホットスポットを BrandMeister に繋いでみよう	19
6.1 BrandMeister アカウントを取得する	19
6.2 ホットスポットのパスワードを設定する	19
6.3 JumboSPOT の接続を確認する	19
6.4 MMDVM.ini を設定する	20
6.5 MMDVMHost を起動する	31
6.6 受信するトーグループを設定しよう	34
6.7 無線機を設定する	35

第 7 章 参考資料	39
7.1 日本語で書かれたもの	39
7.2 英語で書かれたもの	39
第 8 章 おわりに	41
第 9 章 改訂履歴	42
付 錄 A Retevis RT80 を使えるようにするまで	43
A.1 何故 RT80 なのか	43
A.2 買う前にできること	45
A.3 分解しないことには分からぬ	46
A.4 部品を調べて書類を書こう	48
A.5 JARD の測定器室を利用しよう	51
A.6 そして	53
付 錄 B USB 非対応の JumboSPOT をパソコンで使うために	54
B.1 USB 非対応でも大丈夫です	54
B.2 電源と UART さえ繋げば動きます	54
B.3 実際に作ってみました	55
B.4 参考文献	56
付 錄 C JumboSPOT ファームウェアの書き換え	57
C.1 ファームウェアをビルドするための準備	57
C.2 MMDVM_HS のコンパイル	57

警告

本書の初版が書かれたのは 2019 年のことであり、現在における DMR を取り巻く状況とはかなり異なる部分がある点に注意してください。特に、2024 年 6 月 21 日に衆議院に提出された「アマチュア局の通信に関する無線局運用規則改正に関する質問趣意書」(https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/a213149.htm) に対する答弁 (https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b213149.htm) にあるように、自局間通信（同一コールサイン間の通信）は明確に否定されています。本書では当時の記録も兼ねて記述を敢えてそのままにしていますが、この部分に関してはホットスポット用に社団局のコールサインを取得するなど、適切な対応をお願いします。

第1章 はじめに

1.1 DMR って何

Digital Mobile Radio の略で、ETSI (European Telecommunications Standards Institute 欧州電気通信標準化機構) により制定されたデジタル無線機の規格です。既に日本国内では D-STAR や C4FM といった方式のデジタル対応アマチュア無線機が販売されていますが、DMR はアマチュア無線だけではなく業務用機、dPMR と呼ばれるライセンスフリーの無線機と幅広く使われています（ただし、海外で）。

1.2 D-STAR/C4FM と何が違うの

DMR もデジタル無線機なので、音声を量子化（サンプリング）→圧縮やエラー訂正符号を付加→デジタルデータを RF モデムを通じてやりとり、という手順は変わりません。音声の圧縮処理に使われるボコーダーは C4FM と同じ AMBE+2 で、変調方式/変調速度も C4FM と同じ 4 値周波数偏位変調/9600bps です。ただし DMR は時分割多元接続（TDMA）により一つの周波数で二回線の通信を可能にしている点が違います。また、インターネットを使用した中継（VoIP）も BrandMeister や DMRplus ネットワークを使用し、簡単に行うことが可能です。

1.3 どういう人に向いていないか

最初に厳しいことを書きますが、以下の項目に該当するのであれば DMR ではなく他のデジタル方式のアマチュア無線機をお勧めします。

- 英語を目にするのも嫌だ
- 日本ブランドでないものは買いたくない
- メーカーサポートが充実していないと不安だ

海外発祥の規格ですし、無線機も海外産、なので購入する際のやりとりは英語が基本です。また情報も日本より海外に多いため、必然的に英語が分からなければ困ることが多いです（最近では日本語での情報も増えてきましたが）。海外から無線機を個人輸入する以上、故障などのトラブルが発生した場合の対処も自分で何とかしないといけません。

- JARD や TSS にお金を払うのは嫌だ

- 送信機系統図を書くのは面倒だ

海外産の無線機を使う以上、技適なんてものは当然ありません。なので送信機系統図を書き、JARD や TSS を利用して保証認定を取る必要があります。

- Linux やネットワーク（インターネット）には触りたくない

DMR 機同士で直接シンプレックス通信をする場合は問題にならないのですが、Pi-Star 等のホットスポットを用意して VoIP 越しに通信する場合は Linux やネットワークに関する知識が必要になります。コマンドラインによる Linux の操作ができないと困りますし（本書には VMware による仮想環境に Linux をインストールして簡単なホットスポットを作る話があります）、ネットワークについても無線 LAN ルータを設定できる程度の知識は必要でしょう。

1.4 どういう楽しみ方があるか

無線機である以上、同じ形式の無線機を用意して「誰か」と話すことは可能です。シンプレックス通信でどこまで届くかというのも立派な実験になりますが、DMR は D-STAR/C4FM よりも（日本国内では）マイナーな方式なため、現状では通信相手を探すことが容易ではありません。なので、多くは Pi-Star 等のホットスポットを用意し、BrandMeister 等のネットワーク越しに会話をするような使い方が主体になります。

日本国内では誰も使っていないような海外製の無線機を、どうにかして日本の法の下で合法的に使うという挑戦もあります。無線機を分解することで現在のテクノロジがどこまで進んでいるかを知る機会になりますし、自分の手で送信機系統図を書いた無線機で申請して手にした免許状は一段と愛着の持てるものになるかもしれません。

Pi-Star 等のホットスポットを構成するソフトウェアは、オープンソースのものが多いです。腕に覚えのある方は、ソフトウェアの改良や（Linux 以外の OS、例えば *BSD 等への）移植を行い、作者へフィードバックするのも良いでしょう。

無線機そのものを自作して運用するということが困難になってきた時代ではありますが、既製品とソフトウェアを組み合わせ、自分なりのシステムを構築するという余地が DMR にはまだ残されています。

第2章 最初に必要なのは DMR ID

2.1 ID が無いと始まらない

DMR の世界では、7 桁の ID (DMR ID) がコールサインの代わりとなります。この ID が無いと何も始まらないので、<https://www.radioid.net/register> へアクセスし、ここから画面の指示に従って操作を行えば取得できます (日本語のページは今のところありません)。

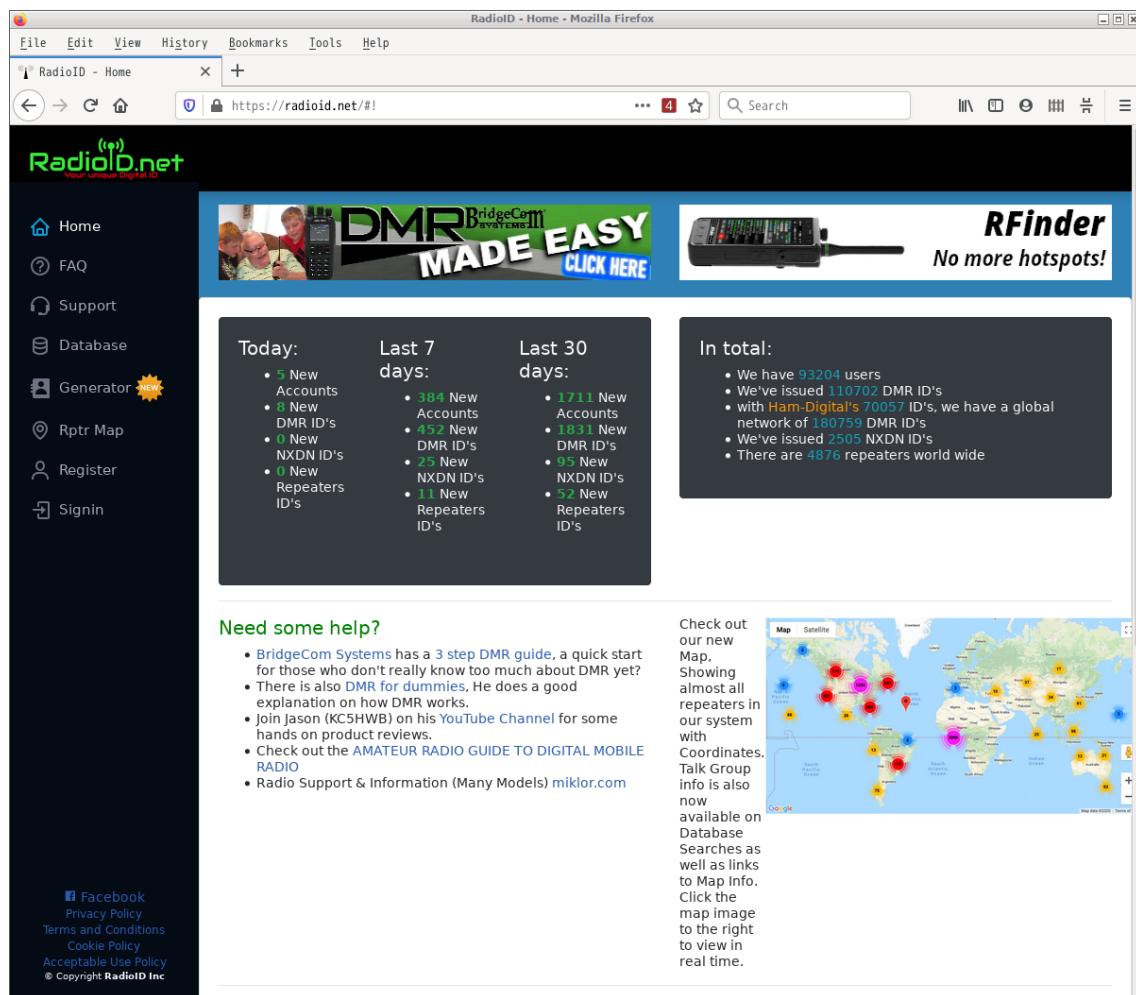


図 2.1: radioid.net のトップページ

DMR の無線機とホットスポットを運用する場合、機材は二つありますが ID は一つあれば問題ありません。同じ ID を両方の機材に設定して使うことになります。

DMR ID を手にできれば最初のステップは終了です。次に無線機を手にしましょう。

第3章 無線機を買う

3.1 どこで何を買うのか

DMR 対応のアマチュア無線機は色々ありますが、初めて購入するのであればユーザ数と情報の多い TYT MD-380 (UHF) 一択です。この機種は当然ながら技適が無いため送信機系統図を書いて JARD や TSS による保証認定を受ける必要がありますが、スプリアス発射強度に関する情報を (少なくとも JARD は) 持っているようで、こちらで測定データを用意する必要がありません。

MD-380 はいわゆる「洋モノ無線機」であるため日本国内では販売されておらず、基本的には eBay や AliExpress 等の海外通販サイトから購入することになります。最近では amazon.co.jp でも扱われていることがあるようですが、購入できたとしてもその後の扱い (設定方法や使い方) を調べるには英語が必須となるので注意してください。

MD-380 は「MD-380 walkie talkie」等のキーワードで検索できますが、購入する際は以下の二点に注意してください。

- プログラミング用ケーブル (Programming Cable) が添付されていること
- AC アダプタが US 仕様であること
- UHF (430MHz) モデルであること

プログラミング用ケーブルは別途購入することも可能ですが、セットで買った方が面倒が少ないです。また、MD-380 は UHF (430MHz) モデルの他に VHF (144MHz) モデルもありますので、間違えないようにしてください¹。

筆者は 2018 年 8 月末、eBay にて ¥10k 程度の値段で購入しています。2021 年 7 月時点では eBay ではあまり見かけなくなってきたおり、AliExpress では ¥12k 程度で出ているようです。不当に安いものは詐欺の可能性があるので注意してください。なお、eBay はショッピングサイトではなくオークションサイトなので、ここで買い物をする場合は「Buy It Now」と Condition に「New」の設定を有効にしてから探すと良いでしょう。

¹厄介なことに、MD-UV380 というよく似た名前の無線機もありますが、これは別物です。MD-380 が入手できなかつた場合は OEM の Retevis RT3 (RT3S ではない) を使う手段もあるものの、この機種で免許が下りた実績があるかどうかは不明です。

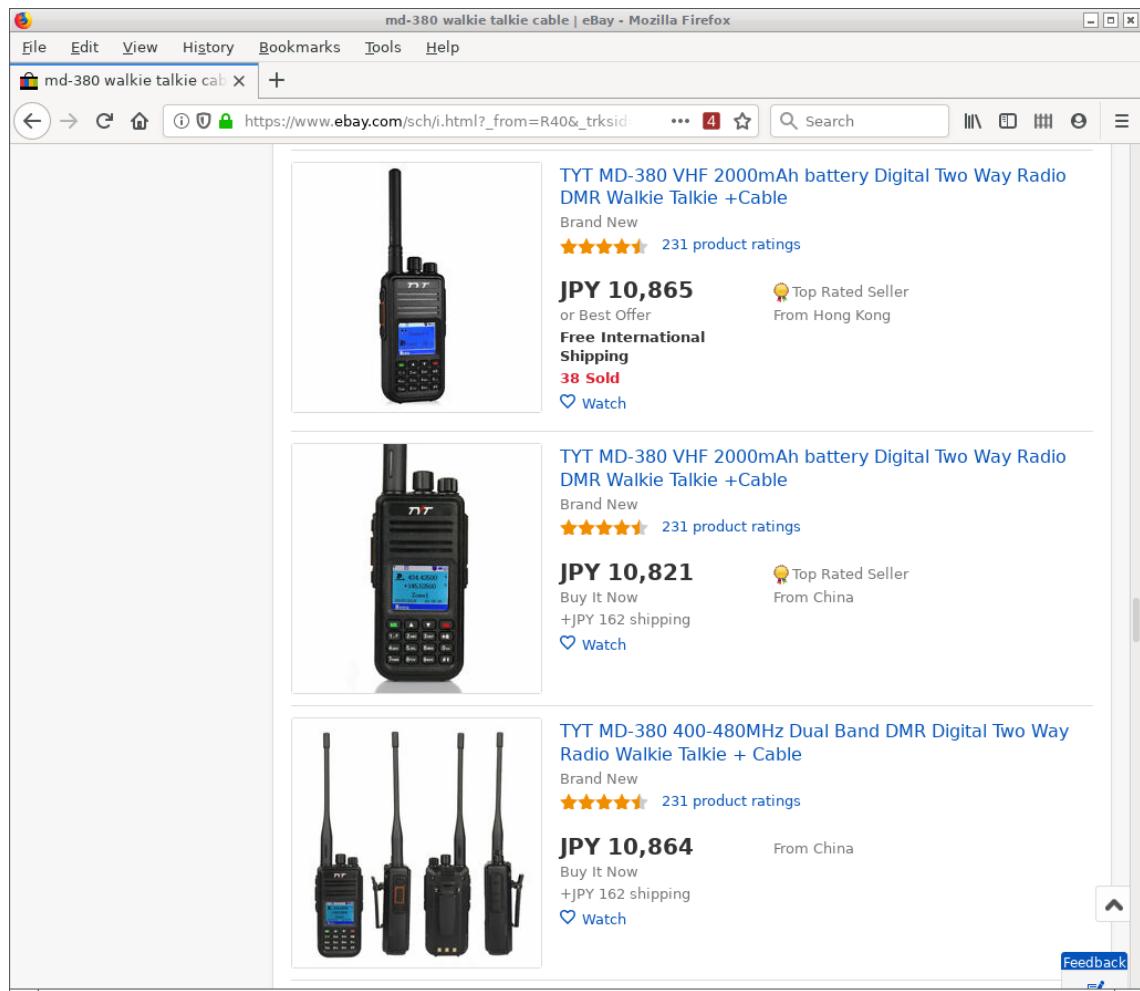


図 3.1: eBay で売っていた TYT MD-380 の例

MD-380 を素直に買うのが面白くないと思うのであれば、適当な DMR 機を入手→分解して内部を解析し送信機系統図を作成→JARD の測定器室でスプリアス発射強度に問題がないことを確認し保証認定を受ける→免許申請、という手順もあります。実際、筆者は Retevis RT80 という DMR 機をこの方法で利用可能にしています。

3.2 免許申請について

先程書いたように TYT MD-380 (UHF) は技適が無いため、JARD や TSS による保証認定を受けた上で免許申請を行うことになります。無線局免許状の申請に必要となる、送信機系統図等の情報は、JQ1BWT さんの「DMR (Digital Mobile Radio)/D-STAR REFLECTOR の構築」(http://www.bwt.jp/wiki/?DMR_Reflector) や、Brand Meister の TalkGroup/44130 フリー

トーク DMR 勉強会 (<https://wiki.brandmeister.network/index.php/TalkGroup/44130>) にあるものが良いでしょう。他にも、「MD-380 送信機系統図」辺りのキーワードで Google 検索 (<https://www.google.com/search?q=MD-380+%E9%80%81%E4%BF%A1%E6%A9%9F%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E5%9B%B3>) すれば見つけることができます。心配な方は回路図も GitHub (<https://github.com/pchickey/md380-re/tree/master/datasheets>) にありますから、提出する前の送信機系統図と一度比較してみてください。

工事設計書に記載する事項は、以下のようにになります(電子申請 Lite 向けです)。

発射可能な電波の形式及び周波数の範囲

F2D F3E F7W 430MHz

変調方式

F2D, F3E 上記以外の周波数変調

F7W 四値周波数偏移変調

終段管 (名称×個数・電圧)

RD07MUS2B × 1 個 7.4V

定格出力

5W

希望する電波の型式は 4VA、希望する空中線電力は 10W です。

Web page によっては以下のようない書類を同封・添付するようにという記述もあるようですが、筆者が 2018 年 8 月末に JARD を経由して免許申請を行った際はこれらは全て不要でした²。

- オフバンド運用をしない旨の誓約書
- オフバンド運用不能化改造の内容およびそれを行った旨の証明
- 無線機に使用されているチップのデータシート
- 無線機の諸元

TYT MD-380 による申請が多いため、JARD や関東総合通信局が今のところはあまり細かいことを言わないだけという可能性は高いかもしれません。誓約書の有無に関わらずオフバンド運用をしないのは当然の義務ですから、阿呆な運用をして自らの首を絞めることがないよう注意してください。

² オフバンド運用をしない誓約書・オフバンド不能化改造の証明は、おそらく Baofeng UV-5R が流行した 2010 年代前半の習慣の名残と思われます。少なくとも筆者は TYT MD-380 の変更申請(増設)に際してはこれらの書類を出さずとも免許を受けることができておりますし、上にも書いた通りオフバンド運用をしないのは当然の義務である以上、このような書類は求められない限りは絶対に提出してはいけないと筆者は考えています。

第4章 ホットスポット用 RF モデムボード (JumboSPOT) を買う

4.1 どこで何を買うのか

ホットスポット用 RF モデムボードは色々あり、乱暴に分類するとこんな感じでしょうか。

MMDVM

6cm × 5cm くらいの大きさのボードです。Raspberry Pi (Zero 以外) に向いています。

ZUMspot/JumboSPOT

6.5cm × 3cm くらいの大きさのボードです。Raspberry Pi Zero に合わせたサイズですが、Zero 以外の Raspberry Pi でも使用できます。

DVMEGA

6cm × 4cm くらいの大きさのボードです。Raspberry Pi (Zero 以外) に向いています。
MMDVM よりも制御用マイコンが目立ちます。

どれも RF モデムとなる ADF7021 と、これを制御するためのマイコン (DVMEGA は ATMEL AVR、他は STMicro STM32) が搭載されています。今回は ZUMspot のクローン (コピー?) とも言われる JumboSPOT、それもアンテナと USB コネクタを装備して USB 対応ファームウェアが書き込まれたものをパソコンに繋いで使用します。



図 4.1: JumboSPOT (表面)



図 4.2: JumboSPOT (裏面)

※ Raspberry Pi Zero 用ケースを装備しています

筆者は 2019 年 5 月中旬に、AliExpress の KaisayaHIFI audio Store (<https://www.aliexpress.com>.

com/store/939205) という店から ¥2.5k 程度で購入しているのですが、その後は取り扱いを止めてしまっているようです。

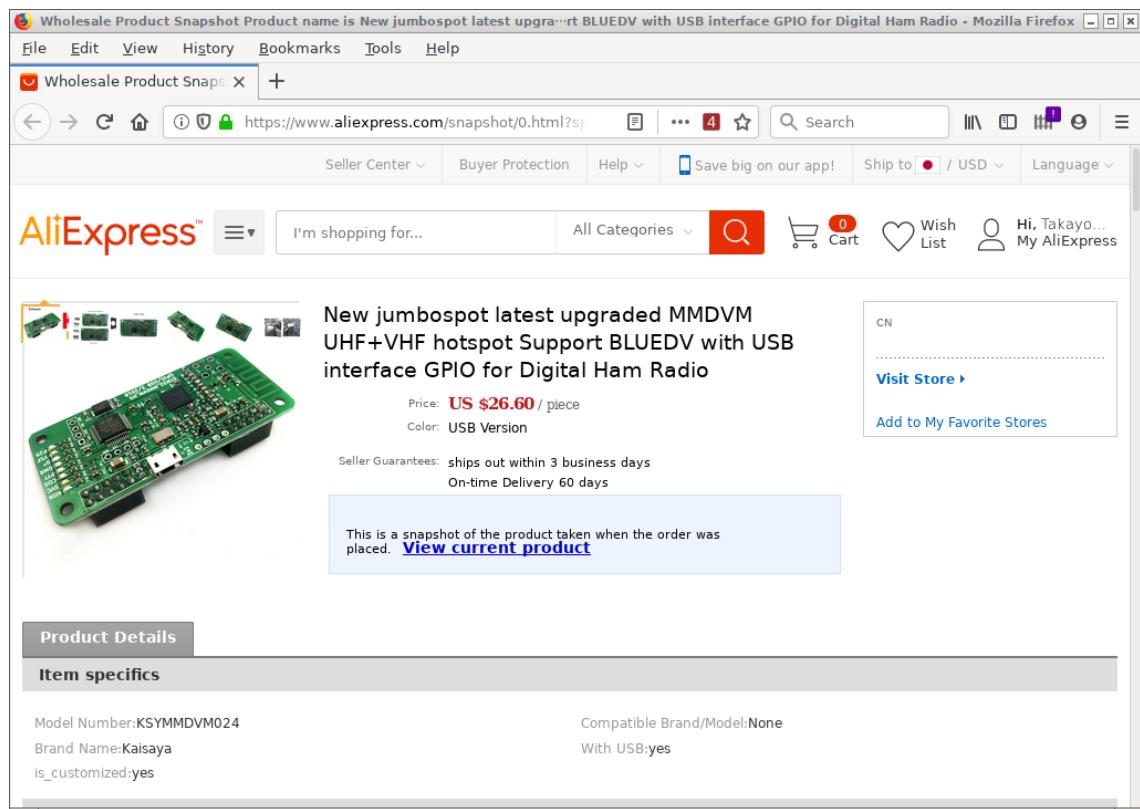


図 4.3: AliExpress で売られている JumboSPOT の例

この店では JumboSPOT に書き込まれているファームウェアの GPIO/USB 対応を選ぶことができたのですが、他所で売られているものについては分かりません。最悪の場合、ST-Link ケーブルや Raspberry Pi などを用意して、ファームウェアを書き換えることも想定する必要があります¹。

なお、eBay や AliExpress で JumboSPOT を探すのは少し面倒で、「jumbospot」で見つからない場合は「MMDVM hotspot」などのキーワードでそれっぽい画像のものを探してみてください。

4.2 免許申請について

現時点において、JumboSPOT と DMR 機それぞれに対して無線局の免許を受けないと違法運用となってしまいます（これは、通信の相手方には自局が含まれないという法解釈によるものです）。既に開設済みの、移動する局の無線局免許に対して変更申請を行って TYT MD-380 のよう

¹GPIO 対応のファームウェアのまま、USB-UART アダプタ経由で繋ぐ方法については後述します。

なDMR機を増設することになるでしょうから、もう一方のJumboSPOTに対してはどうするかという話になります。選択肢はこうでしょうか。

1. 既に開設済みの移動する局と同じコールサインを持つ、移動しない局としてホットスポットを開局する
2. 誰かの名義を借りて、社団局としてホットスポットを開局する
3. その他(別個の無線局として免許を受けられれば何でも良いです)

最近はホットスポット目的の移動しない局の開設は難しいという噂²もあるようですが、筆者は2019年6月上旬に1. の方法で免許を受けました。ただし、移動しない局はJumboSPOTとICOM IC-7200M(50W)で開局しているので、純粋にJumboSPOTのみで移動しない局を開局できるかどうかは分かりません。

工事設計書に記載する事項は、以下のようになります(電子申請Lite向けです)。

発射可能な電波の形式及び周波数の範囲

F7W 430MHz

変調方式

F7W GMSK, 四値周波数偏移変調

終段管(名称×個数・電圧)

ADF7021 × 1個 3.3V

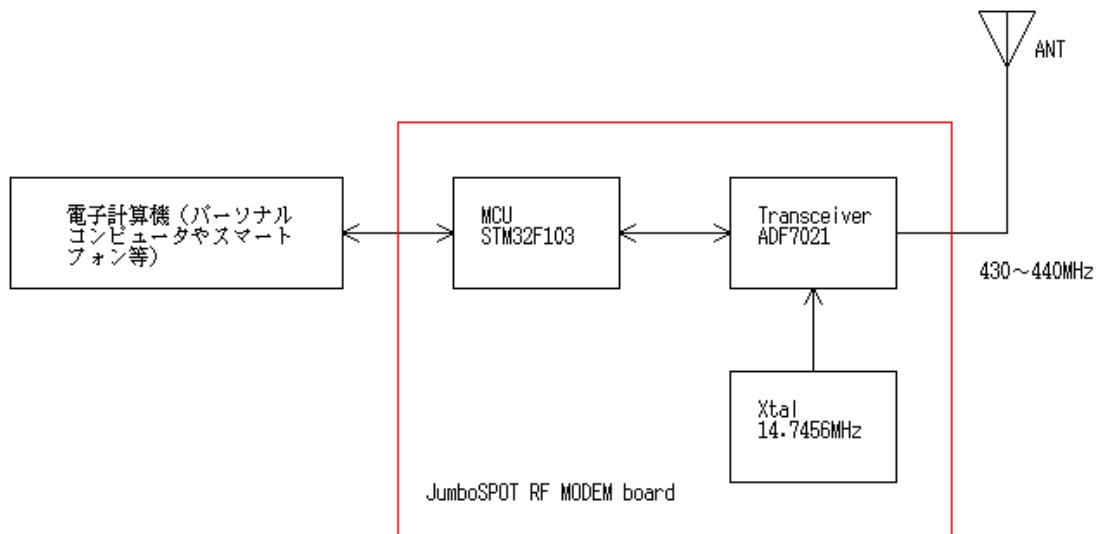
定格出力

20mW

JumboSPOTの定格出力は20mWですが、希望する空中線電力は1Wと記載します。また、希望する電波の型式は(F7Wしか使用しませんが)4VAとしてください。うっかりF7Wと書いてしまうと、差し戻されます。既に開設済みの移動する局と同じコールサインを持つ移動しない局を開局する場合、移動する局のコールサインを申請書に記載する必要があります。移動しない局では空中線の形式も記載する必要がありますので、注意してください。

TYT MD-380の時と異なり、変調方式にGMSKが含まれています。これは将来的にD-STARへの対応を行いたくなったときにすぐ運用できるよう記述しています。以下に送信機系統図の一例を示しますが、送信機系統図にはDMR以外のデジタル方式(D-STAR, C4FM, NXDN, P25)も記しておくと良いでしょう。

²http://www.bwt.jp/wiki/index.php?nora_gw



システム	変調方式	占有周波数帯幅	電波型式
NXDN	4FSK	12.5kHz	F7W
DMR	4FSK	12.5kHz	F7W
D-STAR	GMSK	6.25kHz	F7W
YAESU System Fusion	4FSK	12.5kHz	F7W
Project 25	4FSK	12.5kHz	F7W

図4.4: 送信機系統図の例 (JumboSPOT)

MD-380のときもそうでしたが、デジタル方式に対応する諸元は変調方式・占有周波数帯幅・電波型式だけ書いてあれば良く、これ以外については書かなくても良いようです（この辺りは相手も「分かっている」のかもしれません）³。

³JumboSPOTはこの他にPOCSAG形式のページャ（かつてポケットベルと呼ばれた無線呼び出し）にも対応していますが、この申請を行う際は変調方式・占有周波数帯幅・電波型式に加え、通信速度・符号構成・誤り訂正符号を諸元に書く必要がありました。

第5章 ホットスポットを作ろう

5.1 どう作るのか

一般的には JumboSPOT ボードと同時に Raspberry Pi を購入し、Pi-Star を組み上げることが多いですが、ちょっと DMR の世界を覗いてみるとお金がかかります (Raspberry Pi は手元にあれば何かと遊べますが、それでもあまりお安くありません)。今回は Raspberry Pi の代わりにパソコンを使用し、この上で MMDVMHost という制御プログラムを動作させることでホットスポットを作ってしまいます。

5.2 用意するもの

MMDVMHost は Linux 向けに書かれたプログラムなので Linux の動作するコンピュータが必要になる (そのため Raspberry Pi を用意する) のですが、ここでは VMware Player を使用した仮想 Linux マシンを用意します¹。

まずは VMware Player を <https://www.vmware.com/go/downloadplayerpro-jp> からダウンロードし、インストールしておきます。次に OS インストールのための ISO イメージをダウンロードします。ここでは Debian を <https://www.debian.org/download> からダウンロード²してインストールする手順の説明を行いますが、他に好きな Debian 系のものがあればそれを選んで構いません³。

5.3 仮想 Linux マシンの構築

VMWare Player を起動し、ホームの「新規仮想マシンの作成 (N)」から新規仮想マシン作成ウィザードを実行して、以下の操作を行います。仮想ディスクやメモリのサイズについてはとりあえず動かすための値なので、必要に応じて調整してください。

- インストーラディスクイメージファイル (iso): `debian-11.2.0-amd64-netinst.iso`
- ゲスト OS: Linux, バージョン: Debian 11.x (64 ビット)
- 仮想マシン名: `Linux-MMDVMHost`

¹VMware Player ではなく、使わなくなつた Windows マシンに Linux をインストールしても良いでしょう。

²ダウンロードする ISO イメージは、使用している PC に応じたものが自動的に選ばれます。ここでは 64bit x86 向けのイメージを使用した手順で説明しています。

³Linux でなくとも、OpenBSD でも構いません。実際、筆者は OpenBSD-7.0/amd64 上で MMDVMHost を動かしています。

- ディスク最大サイズ: 40.0GB, 仮想ディスクを単一ファイルとして格納
- 「ハードウェアをカスタマイズ (C)」から、以下の設定を確認⁴
 - メモリ: 2GB (2048MB)
 - ネットワークアダプタ: NAT
 - USB コントローラ: あり
- 「この仮想マシンを作成後にパワーオンする (P)」からチェックを外し、「完了」

OS のインストール時に余計なウィンドウが表示されると邪魔なので、一時的に環境設定を変更します。VMware Player 上部の「Player(P)」をクリックし、「ファイル (F)」→「環境設定 (P)」をクリックします。「ソフトウェア アップデート」にある、「起動時に製品の更新を確認する (H)」と「必要に応じてソフトウェア コンポーネントを確認する (K)」のチェックを外しておいてください (OS のインストールが終わった後は、これらのチェックを付けておくことを忘れないように)。

これで、仮想マシンに OS をインストールする準備ができました。VMware Player が起動した状態で Linux-MMDVMHost を選択し、「仮想マシンの再生 (L)」をクリックすると仮想マシンが起動します。起動後にメニューが表示されますが、操作を行えるようにするために **VMware Player** のウィンドウ内を一度クリックしてから以下の操作を行ってください。

- Debian GNU/Linux menu (BIOS mode)
 - カーソルキーで Graphical install を選択して Enter キーを押す
- Select a language
 - Japanese - 日本語を選択し、continue (これ以降はメニューが日本語になります)
- 場所の選択
 - 日本
- キーボードの設定
 - 利用するキーマップ: 日本語 106/109 キーボードの場合は 日本語、それ以外のキーボードの場合は適切なものを選択
- ネットワークの設定
 - ホスト名: `linux-mmdvmhost`
 - ドメイン名: (空白のままする)
- ユーザとパスワードのセットアップ
 - root のパスワード: (任意)

⁴デフォルトの設定値がこのようになっていますが、念のため確認してください。なお、メモリの設定を 1GB (1024MB) に減らしても動作することを確認しています。

- 確認のため、再度パスワードを入力してください: (同じものを入力)
 - 新しいユーザの本名 (フルネーム): (空白のままする)
 - あなたのアカウントのユーザ名: `mmdvm`
 - 新しいユーザのパスワードを選んでください: (任意)
 - 確認のため、再度パスワードを入力してください: (同じものを入力)
- ディスクのパーティショニング
 - パーティショニングの方法: ガイド - ディスク全体を使う
 - パーティショニングするディスクの選択: SCSI3 (0,0,0) (sda)
 - パーティショニング機構: すべてのファイルを 1 つのパーティションに (初心者ユーザには推奨)
 - パーティショニングの終了とディスクへの変更の書き込み
 - ディスクに変更を書き込みますか? の問い合わせに はい を選択
- ベースシステムのインストール ~ パッケージマネージャの設定⁵
 - 別のインストールメディアを検査しますか? の問い合わせに いいえ を選択
 - Debian アーカイブミラーの国: 日本
 - Debian アーカイブミラー: deb.debian.org (デフォルト)
 - HTTP プロキシ: (空白のままする)
- ソフトウェアの選択とインストール
 - popularity-contest を設定しています → Debian パッケージ利用調査に参加しますか? の問い合わせに いいえ を選択
 - インストールするソフトウェアの選択 → Debian デスクトップ環境・Xfce・標準システムユーティリティにチェックを付け、他はすべて外す
- GRUB ブートローダをインストールします
 - 起動ドライブへ GRUB ブートローダをインストールしますか? の問い合わせに はい を選択
 - ブートローダをインストールするデバイス: /dev/sda
- インストールの完了
 - 続ける をクリックして仮想マシンを再起動

再起動後にユーザ名 `root` (および `root` 用に設定したパスワード) でログインし、画面下端の `>-` と描かれたアイコンを押してターミナル (`xfce4-terminal`) を起動します。設定の仕上げを行うため、以下のコマンドを入力してください⁶。

⁵時間がかかり、画面がブラックアウトした場合はマウスを動かすか、Shift や Ctrl 等動作に影響のないキーを押してください。

⁶コマンドの前の # や \$ はプロンプトなのでこれは入力しないように。

```
# adduser mmdvm dialout  
# apt-get update  
# apt-get upgrade  
  
▷ 続行しますか? [Y/n] の問い合わせがあれば y  
  
# apt-get install build-essential git  
  
▷ 続行しますか? [Y/n] の問い合わせがあれば y
```

仮想マシンの用意はこれで完了です。

5.4 仮想マシンを終了させるには

少し休憩してから、次のステップに進みましょう。

右上の、ログイン中のユーザ名が表示されている部分（この時点では root となっているはずです）をクリックし、メニューから「ログアウト (O)」を選択→「シャットダウン (D)」をクリックして仮想マシンを終了させてください。もしくは、以下のコマンドで終了させることもできます。

```
$ su  
パスワード: (root のパスワード)  
# /sbin/halt -p
```

5.5 MMDVMHost のコンパイル

VMware Player を起動し、仮想マシン Linux-MMDVMHost が選択されている状態で「仮想マシンの再生」を行い、Debian を起動します。

起動後に、ユーザ名 mmdvm（とそのパスワード）でログインし、MMDVMHost のダウンロード・コンパイルを行います。画面上端の >_ と描かれたアイコンを押してターミナル (xfce4-terminal) を起動し、以下のコマンドを入力してください。

```
$ cd ~  
$ git clone https://github.com/g4klx/MMDVMHost  
$ cd MMDVMHost  
$ make
```

第6章 ホットスポットを BrandMeister に 繋いでみよう

6.1 BrandMeister アカウントを取得する

アカウントを持たなくとも BrandMeister ネットワークへの接続は可能ですが、ホットスポットに対する設定を行えるようにするために、最初に BrandMeister のアカウントを取得します。

<https://brandmeister.network/?page=register> へアクセスし、画面に表示された質問（コードサイン・メールアドレス・パスワード等の項目）を埋めればアカウントの取得ができますが、申請してから実際に取得できるまでに時間がかかるため、この作業は最初に行っておくのが良いでしょう。Account Type は Personal User Account を選択してください。

6.2 ホットスポットのパスワードを設定する

ホットスポット上で動作する MMDVMHost が BrandMeister ネットワークへ接続する際、かつては Master（サーバ）毎に設定される passw0rd 等のデフォルトのパスワードのままで問題ないとされていたのですが、2020 年 4 月頃からパスワードを設定することが推奨されています。BrandMeister アカウントを取得した後、SelfCare Settings (<https://brandmeister.network/?page=selfcare>) へアクセスし、以下の操作を行ってください。

- HotSpot Security を On
- Password にパスワードを記述
- Save を押して保存

なお、このパスワードは Master 間で共通のものとなります。

6.3 JumboSPOT の接続を確認する

仮想 Linux マシンの動作するウィンドウがアクティブな状態で JumboSPOT ボードを USB に接続すると、「新しい USB デバイスが検出されました」というウィンドウが表示されます。仮想マシン名が Linux-MMDVMHost となっていることを確認し、「仮想マシンに接続」することで仮想 Linux マシンから JumboSPOT ボードを制御できるようになります。

もしこのウィンドウが表示されない場合は、VMWare Player の上部右側にデバイスの接続ステータスを示すアイコンが表示されていますので、右クリックして「接続（ホストから切断）」し

てください。仮想 Linux マシンの Terminal から以下のコマンドを実行し、JumboSPOT ボードが認識されていることを確認してください。

```
$ ls -l /dev/ttyACM*
crw-rw---- 1 root dialout 166, 0 Jul 16 16:43 /dev/ttyACM0
```

以下のようになった場合は、JumboSPOT ボードの結線（実際の配線及び仮想マシンへの接続）を確認してください。

```
$ ls -l /dev/ttyACM*
ls: cannot access '/dev/ttyACM*': No such file or directory
```

ここからは、JumboSPOT は /dev/ttyACM0 に接続されていることを前提に話を進めます。他のポートに接続されている場合は適宜読み替えてください。

6.4 MMDVM.ini を設定する

MMDVMHost を実行するためには設定ファイルである MMDVM.ini を適当なエディタ (nano, vi, Emacs 等) で編集する必要があります。これは、MMDVMHost をコンパイルしたディレクトリ (~ /MMDVMHost) の中にあります。このファイルを直接編集しても良いのですが、今回は

```
$ cp MMDVM.ini MMDVM.ini.bm
```

のようにコピーして、コピーしたファイル (MMDVM.ini.bm) を編集することにします。以下にダウンロードした（オリジナルの）状態からの変更点を示しますが、基本的に

- 最低限必要な項目は設定する
- 使わないモード (DMR 以外) については全て無効化する

という考えに基づいて設定しています。

```
-----
[General]
Callsign=G9BF
Id=123456
```

▷ Callsign にコールサインを、Id に DMR ID を設定します

```
Timeout=180
Duplex=1
```

▷ JumboSPOT は Duplex 非対応のため、Duplex=0 とします

```
# ModeHang=10
RFModeHang=10
NetModeHang=3
Display=None
Daemon=0
```

[Info]

```
RXFrequency=435000000
TXFrequency=435000000
```

▷ RxFrequency と TxFrequency に使用する周波数 (Hz) を設定します

```
Power=1
# The following lines are only needed if a direct connection to a DMR master is being used
Latitude=0.0
Longitude=0.0
Height=0
Location=Nowhere
Description=Multi-Mode Repeater
URL=www.google.co.uk
```

▷ Latitude ~ URL の項目は適宜設定します

[Log]

```
# Logging levels, 0=No logging
DisplayLevel=1
FileLevel=1
FilePath=.
FileRoot=MMDVM
FileRotate=1
```

[CW Id]

```
Enable=1
```

▷ CW ID は使用しないので必ず Enable=0にしてください

```
Time=10
# Callsign=
```

[DMR Id Lookup]

```
File=DMRIDs.dat
```

Time=24

[NXDN Id Lookup]

File=NXDN.csv

Time=24

[Modem]

Valid values are "null", "uart", "udp", and (on Linux) "i2c"

Protocol=uart

The port and speed used for a UART connection

UARTPort=\.\COM4

UARTPort=/dev/ttyACM0

UARTPort=/dev/ttyAMA0

UARTSpeed=460800

▷ # の後は無視されます (コメントとして扱われます)

▷ UARTPort は JumboSPOT を接続したポート (例: Port=/dev/ttyACM0) とします

▷ UARTSpeed は 460800 → 115200 に変更してください

The port and address for an I2C connection

I2CPort=/dev/i2c

I2CAddress=0x22

IP parameters for UDP connection

ModemAddress=192.168.2.100

ModemPort=3334

LocalAddress=192.168.2.1

LocalPort=3335

TXInvert=1

RXInvert=0

PTTInvert=0

TXDelay=100

RXOffset=0

TXOffset=0

▷ RxOffset と TxOffset は JumboSPOT 裏面に書かれた値を設定します

DMRDelay=0

RXLevel=50

TXLevel=50

RXDCOffset=0

```
TXDCOffset=0
RFLevel=100
# CWIdTXLevel=50
# D-StarTXLevel=50
# DMRTXLevel=50
# YSFTXLevel=50
# P25TXLevel=50
# NXDNTXLevel=50
# M17TXLevel=50
# POCSAGTXLevel=50
# FMTXLevel=50
# AX25TXLevel=50
RSSIMappingFile=RSSI.dat
UseCOSAsLockout=0
Trace=0
Debug=0

[Transparent Data]
Enable=0
RemoteAddress=127.0.0.1
RemotePort=40094
LocalPort=40095
# SendFrameType=0

[D-Star]
Enable=1

▷ D-STAR は使用しないので Enable=0 とします

Module=C
SelfOnly=0
AckReply=1
AckTime=750
AckMessage=0
ErrorReply=1
RemoteGateway=0
# ModeHang=10
WhiteList=

[DMR]
Enable=1
```

```
Beacons=0  
BeaconInterval=60  
BeaconDuration=3  
ColorCode=1
```

▷ 無線機に設定する Color Code となるので、この値は確認しておいてください

```
SelfOnly=0  
EmbeddedLCOnly=0  
DumpTAData=1  
# Prefixes=234,235  
# Slot1TGWhiteList=  
# Slot2TGWhiteList=  
CallHang=3  
TXHang=4  
# ModeHang=10  
# OVCM Values, 0=off, 1=rx_on, 2=tx_on, 3=both_on, 4=force off  
# OVCM=0
```

[System Fusion]
Enable=1

▷ System Fusion (C4FM) は使用しないので Enable=0 とします

```
LowDeviation=0  
SelfOnly=0  
TXHang=4  
RemoteGateway=0  
# ModeHang=10
```

[P25]
Enable=1

▷ P25 は使用しないので Enable=0 とします

```
NAC=293  
SelfOnly=0  
OverrideUIDCheck=0  
RemoteGateway=0  
TXHang=5  
# ModeHang=10
```

[NXDN]

Enable=1

▷ NXDN は使用しないので Enable=0 とします

RAN=1

SelfOnly=0

RemoteGateway=0

TXHang=5

ModeHang=10

[M17]

Enable=1

▷ M17 は使用しないので Enable=0 とします

CAN=0

SelfOnly=0

TXHang=5

ModeHang=10

[POCSAG]

Enable=1

▷ POCSAG は使用しないので Enable=0 とします

Frequency=439987500

[FM]

Enable=1

▷ FM は使用しないので Enable=0 とします

Callsign=G4KLX

CallsignSpeed=20

CallsignFrequency=1000

CallsignTime=10

CallsignHoldoff=0

CallsignHighLevel=50

CallsignLowLevel=20

CallsignAtStart=1

CallsignAtEnd=1

CallsignAtLatch=0

```
RFAck=K
ExtAck=N
AckSpeed=20
AckFrequency=1750
AckMinTime=4
AckDelay=1000
AckLevel=50
# Timeout=180
TimeoutLevel=80
CTCSSFrequency=88.4
CTCSSThreshold=30
# CTCSSHIGHThreshold=30
# CTCSSLowThreshold=20
CTCSSLevel=20
KerchunkTime=0
HangTime=7
# AccessMode values are:
#   0 - Carrier access with COS
#   1 - CTCSS only access without COS
#   2 - CTCSS only access with COS
#   3 - CTCSS only access with COS to start, then carrier access with COS
AccessMode=1
# LinkMode=1 to remove almost all of the logic control
LinkMode=0
COSInvert=0
NoiseSquelch=0
SquelchThreshold=30
# SquelchHighThreshold=30
# SquelchLowThreshold=20
RFAudioBoost=1
MaxDevLevel=90
ExtAudioBoost=1
# ModeHang=10

[AX.25]
Enable=1
```

▷ AX.25 は使用しないので Enable=0 とします

```
TXDelay=300
RXTwist=6
```

```
SlotTime=30  
PPersist=128  
Trace=1
```

```
[D-Star Network]  
Enable=1
```

▷ [D-Star] で Enable=0 としているため、ここは Enable=1 のままで構いません（他のプロトコルに関しても同様です）

```
GatewayAddress=127.0.0.1  
GatewayPort=20010  
LocalPort=20011  
# ModeHang=3  
Debug=0
```

```
[DMR Network]  
Enable=1  
# Type may be either 'Direct' or 'Gateway'. When Direct you must provide the Master's  
# address as well as the Password, and for DMR+, Options also.  
Type=Gateway  
LocalAddress=127.0.0.1
```

▷ DMRGateway を使用しないので Type=Direct とします（省略した場合、Type=Gateway と同義です）

▷ LocalAddress= の行は削除するか、コメントアウトしてください

```
LocalPort=62032  
RemoteAddress=127.0.0.1  
RemotePort=62031  
# Password=P@ssw0rd1234
```

▷ RemoteAddress=3103.repeater.net と Password=(BrandMeister の HotSport Security で設定したパスワード) を指定します（コメントアウトも外してください）。¹

```
Jitter=360  
Slot1=1  
Slot2=1  
# Options=
```

¹ BrandMeister Master のホスト名は、DMR_Hosts.txt (http://www.pistar.uk/downloads/DMR_Hosts.txt) を参照してください。日本向けの TalkGroup はかつて存在した Japan Master でしか使えないという情報がありましたが、これは全くの誤りで、どこの Master に接続しても同等のサービスを受けることができます。

```
# ModeHang=3
Debug=0

[System Fusion Network]
Enable=1
LocalAddress=127.0.0.1
LocalPort=3200
GatewayAddress=127.0.0.1
GatewayPort=4200
# ModeHang=3
Debug=0

[P25 Network]
Enable=1
GatewayAddress=127.0.0.1
GatewayPort=42020
LocalPort=32010
# ModeHang=3
Debug=0

[NXDN Network]
Enable=1
Protocol=Icom
LocalAddress=127.0.0.1
LocalPort=14021
GatewayAddress=127.0.0.1
GatewayPort=14020
# ModeHang=3
Debug=0

[M17 Network]
Enable=1
LocalAddress=127.0.0.1
LocalPort=17011
GatewayAddress=127.0.0.1
GatewayPort=17010
# ModeHang=3
Debug=0

[POCSAG Network]
```

```
Enable=1
LocalAddress=127.0.0.1
LocalPort=3800
GatewayAddress=127.0.0.1
GatewayPort=4800
# ModeHang=3
Debug=0

[FM Network]
Enable=1
# Protocol=USRP
LocalAddress=127.0.0.1
LocalPort=3810
GatewayAddress=127.0.0.1
GatewayPort=4810
PreEmphasis=1
DeEmphasis=1
TXAudioGain=1.0
RXAudioGain=1.0
# ModeHang=3
Debug=0

[AX.25 Network]
Enable=1
Port=/dev/ttyp7
Speed=9600
Debug=0

[TFT Serial]
# Port=modem
Port=/dev/ttyAMA0
Brightness=50

[HD44780]
Rows=2
Columns=16

# For basic HD44780 displays (4-bit connection)
# rs, strb, d0, d1, d2, d3
Pins=11,10,0,1,2,3
```

```
# Device address for I2C
I2CAddress=0x20

# PWM backlight
PWM=0
PWMPin=21
PWMBright=100
PWMDim=16

DisplayClock=1
UTC=0

[Nextion]
# Port=modem
Port=/dev/ttyAMA0
Brightness=50
DisplayClock=1
UTC=0
#Screen Layout: 0=G4KLX 2=ON7LDS
ScreenLayout=2
IdleBrightness=20

[OLED]
Type=3
Brightness=0
Invert=0
Scroll=1
Rotate=0
Cast=0
LogoScreensaver=1

[LCDproc]
Address=localhost
Port=13666
#LocalPort=13667
DimOnIdle=0
DisplayClock=1
UTC=0
```

```
[Lock File]
Enable=0
File=/tmp/MMDVM_Active.lck
```

```
[Remote Control]
Enable=0
```

▷ 外部からの攻撃を受けないよう、Enable=0 であることを確認してください

```
Port=7642
```

6.5 MMDVMHost を起動する

設定ファイル (MMDVM.ini.bm) の編集が終ったので、MMDVMHost を起動して実際に BrandMeister に接続します。

```
$ cd ~/MMDVMHost
$ ./MMDVMHost ./MMDVM.ini.bm
```

MMDVMHost は引数を指定しない場合、/etc/MMDVM.ini を参照します。しかしここでは ~/MMDVMHost にある MMDVM.ini.bm を使用するよう引数を指定しています。特に問題が無ければ、以下のようなメッセージが表示されるはずです。

```
-----
$ ./MMDVMHost ./MMDVM.ini.bm
I: 2022-03-20 02:33:43.972 This software is for use on amateur radio
networks only,
I: 2022-03-20 02:33:43.974 it is to be used for educational purposes
only. Its use on
I: 2022-03-20 02:33:43.975 commercial networks is strictly prohibited.
I: 2022-03-20 02:33:43.976 Copyright(C) 2015-2021 by Jonathan Naylor,
G4KLX and others
M: 2022-03-20 02:33:43.977 MMDVMHost-20210921 is starting
M: 2022-03-20 02:33:43.977 Built 11:21:01 Mar 20 2022 (GitID #3e8cda2)
I: 2022-03-20 02:33:43.977 General Parameters
I: 2022-03-20 02:33:43.977      Callsign: XXXXXX
I: 2022-03-20 02:33:43.977      Id: XXXXXXX
I: 2022-03-20 02:33:43.977      Duplex: no
I: 2022-03-20 02:33:43.977      Timeout: 180s
I: 2022-03-20 02:33:43.977      D-Star: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      DMR: enabled
```

```
I: 2022-03-20 02:33:43.977      YSF: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      P25: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      NXDN: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      M17: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      POCSAG: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      FM: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977      AX.25: disabled
I: 2022-03-20 02:33:43.977 Modem Parameters
I: 2022-03-20 02:33:43.977      Protocol: uart
I: 2022-03-20 02:33:43.978      UART Port: /dev/ttyACM0
I: 2022-03-20 02:33:43.978      UART Speed: 115200
I: 2022-03-20 02:33:43.978      RX Invert: no
I: 2022-03-20 02:33:43.978      TX Invert: yes
I: 2022-03-20 02:33:43.978      PTT Invert: no
I: 2022-03-20 02:33:43.978      TX Delay: 100ms
I: 2022-03-20 02:33:43.978      RX Offset: 1100Hz
I: 2022-03-20 02:33:43.978      TX Offset: 1100Hz
I: 2022-03-20 02:33:43.978      RX DC Offset: 0
I: 2022-03-20 02:33:43.979      TX DC Offset: 0
I: 2022-03-20 02:33:43.979      RF Level: 100.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      DMR Delay: 0 (0.0ms)
I: 2022-03-20 02:33:43.979      RX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      CW Id TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      D-Star TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      DMR TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      YSF TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      P25 TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.979      NXDN TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.980      M17 TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.980      POCSAG TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.980      FM TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.980      AX.25 TX Level: 50.0%
I: 2022-03-20 02:33:43.980      TX Frequency: XXXXX0000Hz (XXXXX1100Hz)
I: 2022-03-20 02:33:43.980      Use COS as Lockout: no
M: 2022-03-20 02:33:43.980 Opening the MMDVM

I: 2022-03-20 02:33:47.354 MMDVM protocol version: 1, description: MM
DVM_HS_Hat-v1.5.1b 20191201 14.7456MHz ADF7021 FW by CA6JAU GitID #ec
4fd74
I: 2022-03-20 02:33:47.377 Display Parameters
```

```
I: 2022-03-20 02:33:47.377 Type: None
W: 2022-03-20 02:33:47.377 No valid display found, disabling
I: 2022-03-20 02:33:47.377 DMR Network Parameters
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Type: Direct
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Remote Address: 3103.repeater.net
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Remote Port: 62031
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Local Address:
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Local Port: 62032
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Jitter: 360ms
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Slot 1: enabled
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Slot 2: enabled
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Mode Hang: 3s
I: 2022-03-20 02:33:47.377 Info Parameters
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Callsign: XXXXXX
I: 2022-03-20 02:33:47.377      RX Frequency: XXXXX0000Hz
I: 2022-03-20 02:33:47.377      TX Frequency: XXXXX0000Hz
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Power: 1W
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Latitude: X.XXXXXXdeg N
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Longitude: X.XXXXXXdeg E
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Height: Xm
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Location: "XXXXXXXX"
I: 2022-03-20 02:33:47.377      Description: "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
I: 2022-03-20 02:33:47.377      URL: "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
M: 2022-03-20 02:33:47.398 Opening DMR Network
I: 2022-03-20 02:33:47.399 RSSI
I: 2022-03-20 02:33:47.400      Mapping File: RSSI.dat
I: 2022-03-20 02:33:47.400 Loaded 0 RSSI data mapping points from RSSI.dat
I: 2022-03-20 02:33:47.401 DMR Id Lookups
I: 2022-03-20 02:33:47.402      File: DMRIds.dat
I: 2022-03-20 02:33:47.402      Reload: 24 hours
I: 2022-03-20 02:33:47.402 Loading ID lookup table from DMRIds.dat
I: 2022-03-20 02:33:47.627 Loaded 145242 IDs to lookup table - DMRIds.dat
I: 2022-03-20 02:33:47.628 DMR RF Parameters
I: 2022-03-20 02:33:47.629      Id: XXXXXX
I: 2022-03-20 02:33:47.630      Color Code: 1
I: 2022-03-20 02:33:47.630      Self Only: no
I: 2022-03-20 02:33:47.631      Embedded LC Only: no
I: 2022-03-20 02:33:47.632      Dump Talker Alias Data: yes
I: 2022-03-20 02:33:47.632      Prefixes: 0
I: 2022-03-20 02:33:47.632      Call Hang: 3s
```

```
I: 2022-03-20 02:33:47.632      TX Hang: 3s
I: 2022-03-20 02:33:47.632      Mode Hang: 10s
I: 2022-03-20 02:33:47.632      OVCM: off
I: 2022-03-20 02:33:47.632      DMR Roaming Beacons Type: off
M: 2022-03-20 02:33:47.632 MMDVMHost-20210921 is running
I: 2022-03-20 02:33:47.633 Started the DMR Id lookup reload thread
I: 2022-03-20 02:33:57.631 Opening UDP port on 62032
D: 2022-03-20 02:33:57.751 DMR, Sending authorisation
D: 2022-03-20 02:33:57.873 DMR, Sending configuration
M: 2022-03-20 02:33:57.993 DMR, Logged into the master successfully
-----
```

もし `/dev/ttyACM0` がオープンできないといったエラーが発生した場合は、`/dev/ttyACM0` がきちんと認識できているかどうかを確認してください。また、`id mmdvm` でグループ dialout に加わっているかも確認してください。

BrandMeister ネットワークに接続できない場合は、接続先のホスト名やパスワードが間違っていないか、MMDVM.ini の [DMR Network] セクションの Address や Password の設定を見直してください。もし BrandMeister Master にトラブルがあり接続できない場合は、他の Master を使用する設定を試してみてください。

6.6 受信するトークグループを設定しよう

トークグループには二種類あり、無線機の PTT ボタンを押して一時的に参加する Dynamic なもの（15 分程度で退出します）と、PTT を押さずとも参加状態となっている Static なものがあります。BrandMeister 側で設定を行わない場合は全て Dynamic 扱いとなっており、またトークグループを受信するためにはそのトークグループへ参加している必要があるために PTT を押さないと何も聞こえません（そして PTT を押すことでトークグループに参加していることがバレてしまう）。

BrandMeister のアカウントを取得することで Static トークグループの設定を行えるようになりますから、まずはこれを設定してみましょう。

ホットスポットを BrandMeister ネットワークに接続した後に BrandMeister の web page (<https://brandmeister.network/?page=login>) へアクセスし、ログインを行うと画面左側のメニューに「My hotspots」が増えています。ここに表示されたホットスポットの DMR ID をクリックしてください。

設定画面の下の方に「Static Talkgroups」という項目がありますので、受信を希望したいトークグループを設定します。日本における主なものとしては

- 440110 国内非常通信/訓練
- 44120 国内ラグチュー（メイン）
- 44121 国内ラグチュー（サブ）

があり、全世界規模のものとしては

- 91 World-Wide

があります。これ以外にどのようなトーグループがあるかについては http://www.pistar.uk/downloads/TGList_BM.txt や http://www.mw0mwz.co.uk/dmr_bm_talkgroups.php を見てください。

BrandMeister は Hoseline (<https://hose.brandmeister.network/>) にアクセスすると web ブラウザからトーグループの会話をワッチすることができますから、ここで雰囲気を掴んでから設定するのも良いでしょう。

6.7 無線機を設定する

MMDVMHost の設定は終わったので、今度は無線機の設定です。ここでは TYT MD-380 を例に説明しますが、基本的にはどの DMR 機でも対応できるはずです。

設定を始める前に

DMR 機はプログラミングケーブルを使用して無線機とパソコンを繋ぎ、CPS (Customer Programming Software) と呼ばれるプログラムを起動して各種設定を行うのが特徴です。早速無線機の設定を行って運用を始めたいところですが、まず最初にすることは無線機からデータをダウンロードして保存することです。これは、最初にダウンロードしたデータを残しておかないと万一のときに初期状態へ戻せないという理由によるものです (無線機のボタン操作等で、リセットするような機能はありません)。

まっさらな状態のデータを保存したら、早速設定を始めます。

General Setting

Radio ID に DMR ID を忘れずに設定してください。

Digital Contacts

参加したい BrandMeister のトーグループを登録します。以下に一例を示します。

Contact Name	Call Type	Call ID	Call Receive Tone
BM WorldWide	Group Call	91	No
BM_Japan Main	Group Call	44120	No
BM_Japan Sub	Group Call	44121	No
BM_Japan Emg	Group Call	440110	No

Channels Information

ここは設定項目が多いです。ウィンドウのスクリーンショットをまずはお見せします。

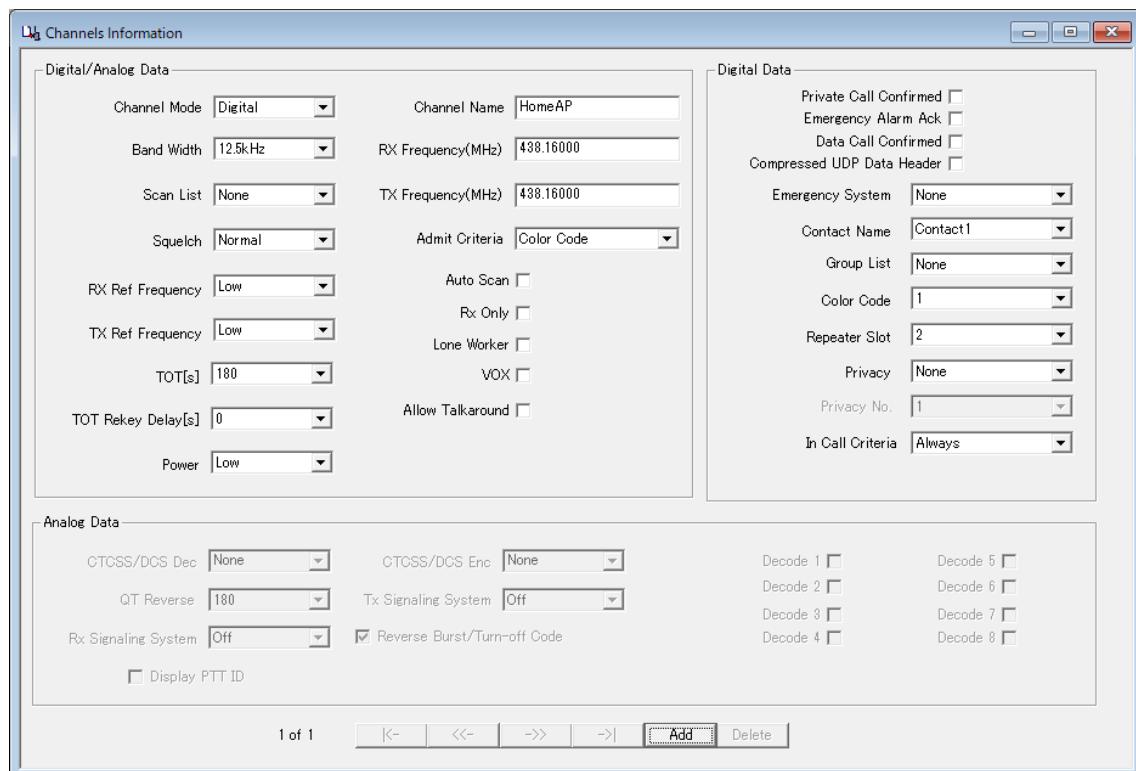


図 6.1: MD-380 CPS: Channels Information

- Digital/Analog Data
 - Channel Mode: Digital
 - Channel Name: HomeAP
 - ▷ この名前は一例で、適当な分かりやすいものを付けると良いでしょう
 - Rx Frequency (MHz): MMDVM.ini の TxFrequency の値を MHz に直した値
 - Tx Frequency (MHz): MMDVM.ini の RxFrequency の値を MHz に直した値
 - Admit Criteria: Color Code
 - ▷ Always だといつでも送信できてしまうので、同じ Color Code で誰かが送信している時は送信を禁止するようにします
 - TOT[s]: 180
 - ▷ デフォルトの 60 は短いので、少しのばします

- Power: Low
 - ▷ ホットスポット相手に送信するので Power は Low で十分です
- Digital Data
 - Contact Name: よく出入りするトーグループを選択
 - Group List: None
 - ▷ None とします (None 以外の設定を行う場合は、Digital RX Group Lists に受信したいトーグループのリストを作成しないと受信ができません)
 - Color Code: MMDVM.ini の ColorCode の値
 - Repeater Slot: 2
 - ▷ DMRにおいて、レピーター/ホットスポット経由での通信は TimeSlot 2 を使います
 - Privacy: None
 - ▷ None 以外の設定は禁止です (暗号化を使用してはいけません)

Zone Information

Zone1 等の適当なゾーンに、先程作成した HomeAP のチャンネルを含めておきます。

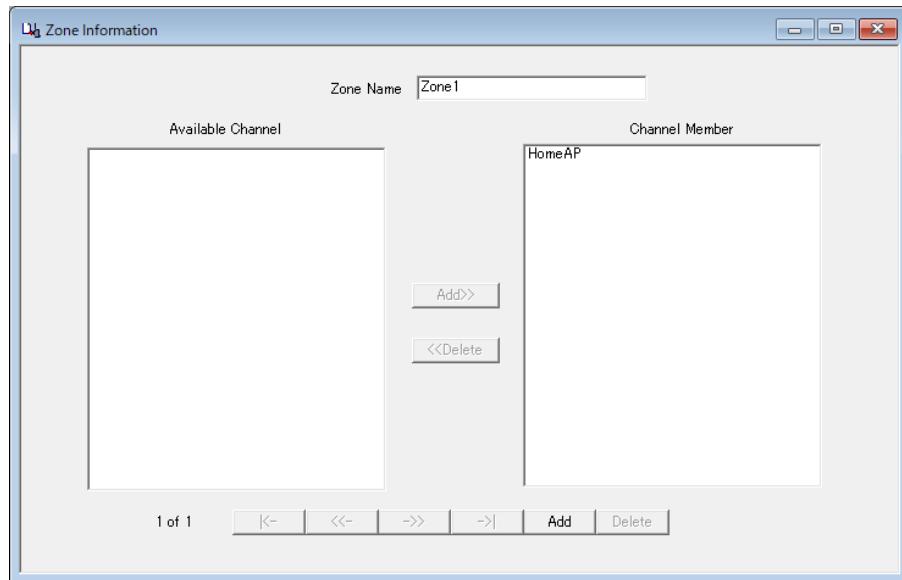


図 6.2: MD-380 CPS: Zone Info

無線機ではゾーンとチャンネルを設定すると、これに伴う設定 (Digital Contacts など) も併せて行われます。ここではホットスポット相手に通信を行うことになりますので、Digital Contacts とこれに対応した Channels Information が増えていくような形になるでしょう²。

ここまで設定することで、DMR 機から BrandMeister を経由して交信できるはずです。もしうまくいかない場合は、再度今までの作業内容を確認してみてください。

- JumboSPOT の接続は問題ないか
- MMDVMHost は起動し、JumboSPOT を認識できているか
- MMDVMHost は BrandMeister サーバに接続できているか
- MMDVM.ini の設定は問題ないか (周波数・Offset・ColorCode など)
- 無線機の設定は問題ないか (周波数・Offset・ColorCode・TalkGroup など)
- BrandMeister の設定は問題ないか (Static Talkgroups)

²海外においては、よく使われるトークグループや著名なレピーター (BrandMeister へのアクセスポイントも兼ねています) の周波数をまとめた CodePlug と呼ばれる CPS 用のデータが流通しています。ホットスポットでの運用が主体となる日本においては、どうなるでしょうか。

第7章 参考資料

7.1 日本語で書かれたもの

以下に、筆者が DMR 機での開局・変更申請を行う際に参考にした日本語の情報源を示します（本文中で触れたページも含まれています）。

BM Japan (BrandMeister)

<https://wiki.brandmeister.network/index.php/Japan>

DMR (Digital Mobile Radio)/D-STAR REFLECTOR の構築 (JQ1BWT)

http://www.bwt.jp/wiki/?DMR_Reflector

MultiMode Digital Voice Modem で拓くアマチュア無線デジタル音声の新潮流 Kindle 版 (JE4SMQ)

<https://www.amazon.co.jp/dp/B07MHD39KF>

TalkGroup/44130 フリートーク DMR 勉強会 (BrandMeister)

<https://wiki.brandmeister.network/index.php/TalkGroup/44130>

XRF リフレクター同好会 (JA1COU)

<https://ja1cou.wixsite.com/ja1cou/>

ラブラドール ななの部屋のブログ

<http://h7nana.cocolog-nifty.com/blog/cat24137161/>

7.2 英語で書かれたもの

DMR 自体の情報は海外の方が豊富であり、英語に抵抗が無ければこちらを参照した方が早いです。

Amateur Radio Guide to Digital Mobile Radio (DMR) (DMR-MARC)

http://www.dmr-marc.net/media/Amateur_Radio_Guide_to_DMR_Rev_I_20150510.pdf

Comparison of DMR radios (Radiosification)

<https://radiosification.blogspot.com/2017/11/comparison-of-dmr-radios.html>

DMR Info Site (K3NXU)

<https://www.miklor.com/DMR/>

Dynamic talkgroup and Static Talkgroup on Brandmeister (Ailunce)

<https://www.ailunce.com/blog/Dynamic-talkgroup-and-Static-Talkgroup-on-Brandmeister>

Homebrew/MMDVM (BrandMeister)

<https://wiki.brandmeister.network/index.php/Homebrew/MMDVM>

You and Your Tytera MD-380 DMR (Adafruit)

<https://learn.adafruit.com/tytera-md-380-dmr/programming>

参考とした多くの情報源、およびその作者に感謝します。

第8章 おわりに

DMR を取り巻く状況は日々変化しつつあり、本書の内容もすぐに古くなってしまう可能性は高いです。最新の情報はネット上で調べることをおすすめしますが、もし可能なら、後に続く人達のために「試したこと」「その結果うまくいったこと」「逆にうまくできなかったこと」をブログなどの(誰かが参照できる)形で残してもらえると助かります。

本書が DMR を始める際の何らかの参考になれば、幸甚です。

第9章 改訂履歴

20190822

初版

20200222

MMDVM.ini の設定例において、接続先を Japan Master (4401) から US Master (3101) に変更。

20200223

仮想 Linux マシンに使用するディストリビューションを BunsenLabs Helium (Build2) から Debian Buster with Raspberry Pi Desktop (32bit) に変更。

20201213

仮想 Linux マシンにおける日本語入力切り替えの方法、ホットスポットのパスワード設定に関する記述を追加。MMDVM.ini の説明および起動時のログを MMDVMHost-2019131 → MMDVMHost-20201209 に合わせ変更。RadioID.net のスクリーンショット差し替え。

20210703

TYT MD-380 の販売状況について追記。URL と Raspberry Pi Desktop の ISO イメージファイル名および操作方法を 2021-01-11-raspios-buster-i386.iso に合わせて修正。VMware Player の操作方法は 16.x 向けに修正。MMVDM.ini の設定例を修正 (設定内容は変わらず)。

20220227

USB 非対応版 JumboSPOT を使用する場合の補足を追加。

20220320

仮想 Linux マシンに使用するディストリビューションを Debian Buster with Raspberry Pi Desktop (32bit) から Debian-11.2 (64bit) に変更。MMDVM.ini の設定内容見直し。

20241012

警告事項、USB 非対応版 JumboSPOT を使用する場合への追記、JumboSPOT ファームウェアの更新方法に関する補足を追加。

付 錄A Retevis RT80 を使えるようにするまで

A.1 何故 RT80 なのか

TYT MD-380 は確かに DMR を始めるには良い無線機です。ですが、もう少し安い無線機があれば DMR への間口がもうちょっと広がるのではないかと思い、探してみたところ Retevis RT80 という無線機を見つけました。

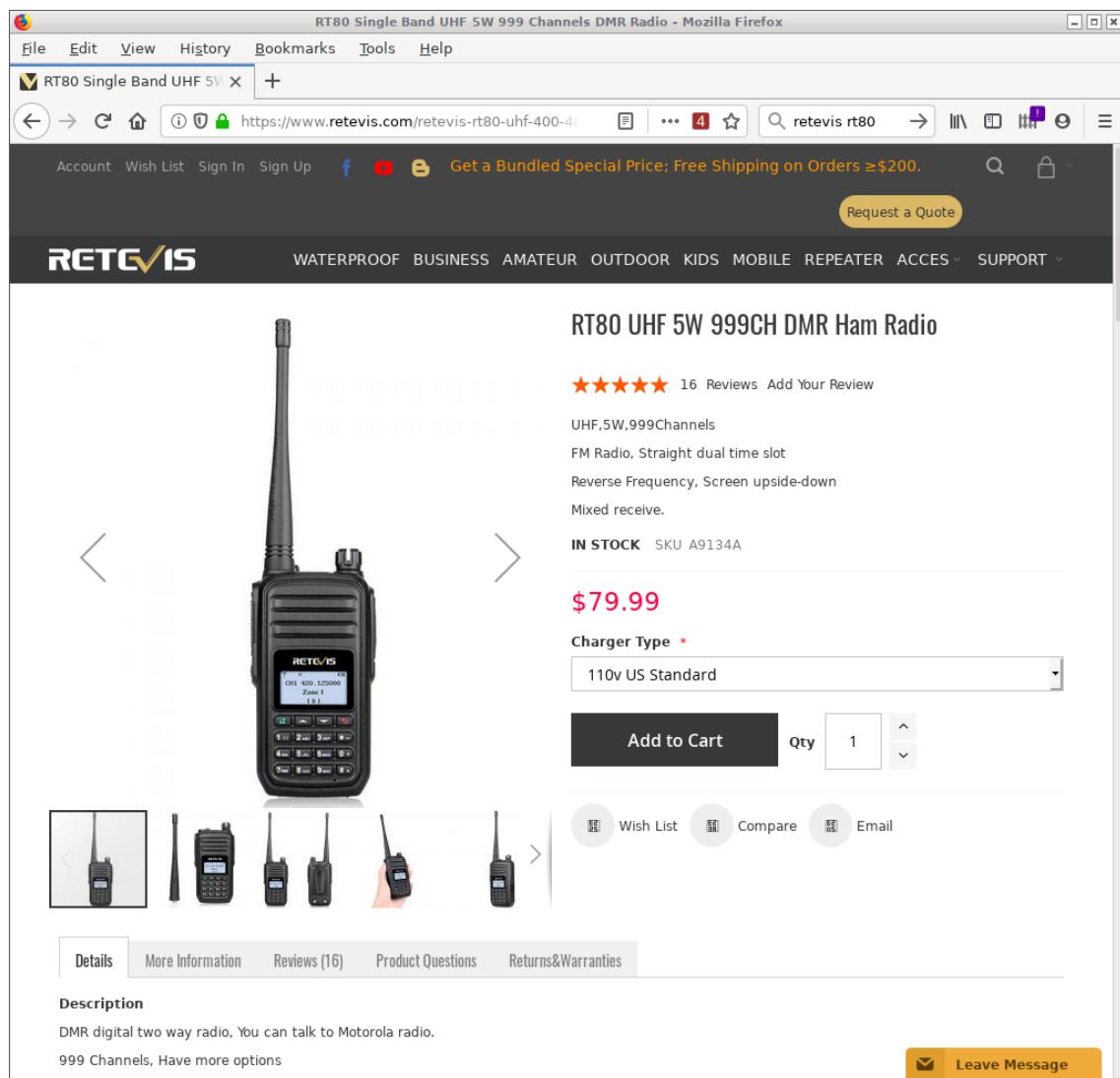


図 A.1: Retevis RT80

値段が安い¹だけでなく、FM ラジオとしても使える（ただし受信範囲は 87.5 ~ 108.0 MHz）という部分も魅力的です。Retevis の商品販売ページ²から早速発注しても良かったのですが、その前に少し調べてみることにしました。

¹2018 年 10 月の時点での話です。

²かつては <https://www.retevis.com/retevis-rt80-uhf-400-480mhz-5w-999-channels-dmr-radio> に存在しましたが、2021 年 7 月時点ではディスコンとなってしまったのか、アクセスできなくなっています。

A.2 買う前にできること

ありがたいことに、RT80 の CPS はサポートページ³からダウンロード可能な状態になっています。無線機は手元になくとも、CPS の中には無線機を知るためのヒントが隠されているかもしれませんので試しにダウンロードしてインストールします。早速 CPS (RT80.exe) を秀丸エディタで開いてみると…

図 A.2: RT80 CPS (RT80.exe) をテキストエディタで表示

linton, LD3800, SCT3252 というキーワードが出てきます。調べてみると、RT80 は Linton LD-3800⁴ の OEM らしく、他にも TID TD-DP580⁵ や TSSD TS-D8200R⁶ というメーカー・型番でも売られています。LD-3800 は FCC ID を持っています (2AN96DM18301)、FCC ID Search では回路図や送信機系統図は公開されていないものの Test Report からスプリアス発射強度の測定結果を、Int Photos から内部写真を見ることができます⁷。内部写真には AT と書かれたチップが写っていることから、おそらく AT1846S の類が使われている可能性があると判断します。

³かつては <https://www.retevis.com/resources-center> に存在したものの、2021年7月時点では無線機のページからソフトウェアをダウンロードするように変わっており、無線機のページごと消滅した模様。

⁴扱いをやめたのか、<http://www.linton.cn/> から見つけることはできない。

⁵https://www.tid-china.com/index.php?m=product&a=details&content_id=24

⁶<https://www.aliexpress.com/item/32862477160.html>

<https://www.aliexpress.com/item/7https://fccid.io/2AN96DM18301>

また、FCC ID Search を探ると Kydera DM-6R⁸ という DMR 機や Quantun QP-990-U1⁹ という dPMR 機の情報も入手できます。こちらは回路図や送信機系統図も見ることができるので、役に立つかどうかは後で考えるとしてとりあえず押さえておきます。

SCT3252 は dPMR/DMR 向けのベースバンドプロセッサです¹⁰。「SCT3252 schematic」で検索すると Kirisun FM540 (DMR 機) のサービスマニュアルが見つかりますので¹¹、こちらも押さえておきます。

集まった情報から、

- 値段も安いし仮に免許が下りなかったとしても FM ラジオとしては使える
- イマドキの無線機なので新スプリアス基準は満たしていそう
- SCT3252 と AT1846S 辺りのチップを使っていそう
- 部品点数は少なそうだしそんなに解析は難しくない…んじゃないかな？

と判断し、RT80 を発注することにしました。

A.3 分解しないことには分からぬ

Retevis の商品販売ページから RT80 を発注し、しばらくすれば¹²こんな感じの箱に入って届きます。



図 A.3: RT80 のパッケージ

モノさえ届けばこちらのもの。この後にやることはただ一つ、分解 (と解析) です。特殊ドライバさえあれば簡単にケースを開けることができます。

⁸<https://fccid.io/V06DM-6R>

⁹<https://fccid.io/XMHQP-990-U1>

¹⁰<http://www.sicommtech.com/en/products/sct3252.html>

¹¹<http://doc.xdevs.com/doc/Misc/Kirisun/FM54-service-manual020160722.pdf>

¹²海外通販なので、amazon.co.jp 辺りの時間感覚と同列に扱わないように。



図 A.4:



図 A.5:

問題はこの次。メインボードを挿むには、MD-380 の分解¹³と同様にアンテナ端子の半田を外す必要があります。しかし PTT 周りの基板は付けたままで問題ありません。分解さえできてしまえば、あとは基板のあちこちをデジカメで撮るだけです。撮った画像を Image Composite Editor¹⁴でつなぎ合わせ、いくつかの写真にしてみました。

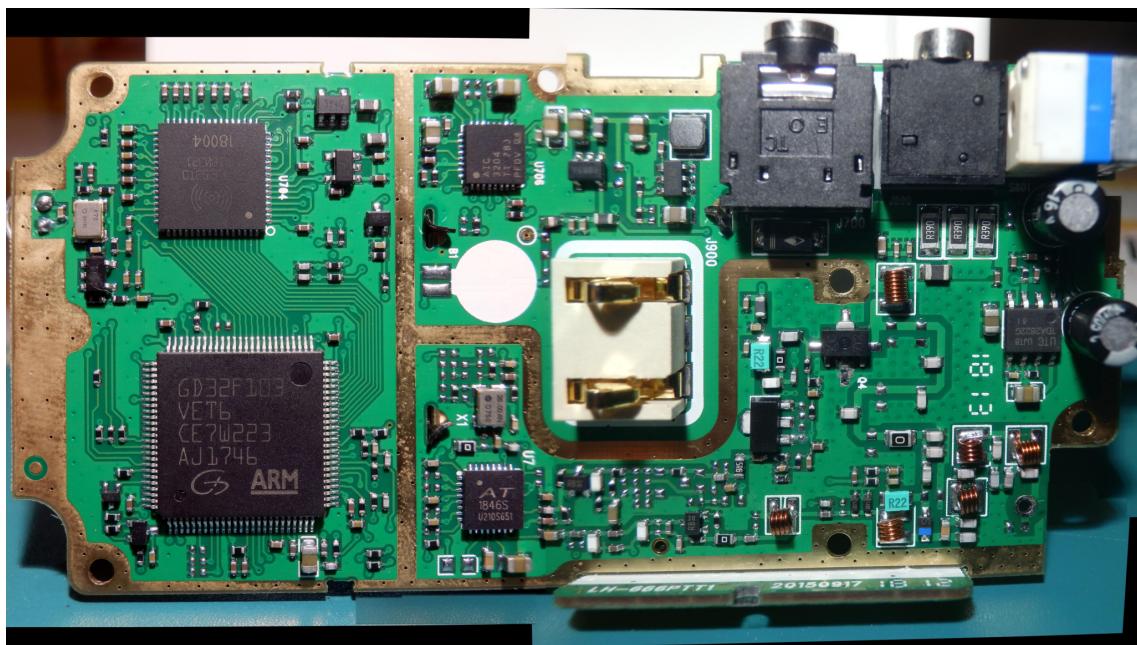


図 A.6: RT80 メインボード (1) 全体

¹³<http://md380.blogspot.com/2016/09/tytera-md-380-teardown.html>

¹⁴<https://www.microsoft.com/en-us/research/product/computational-photography-applications/image-composite-editor/>

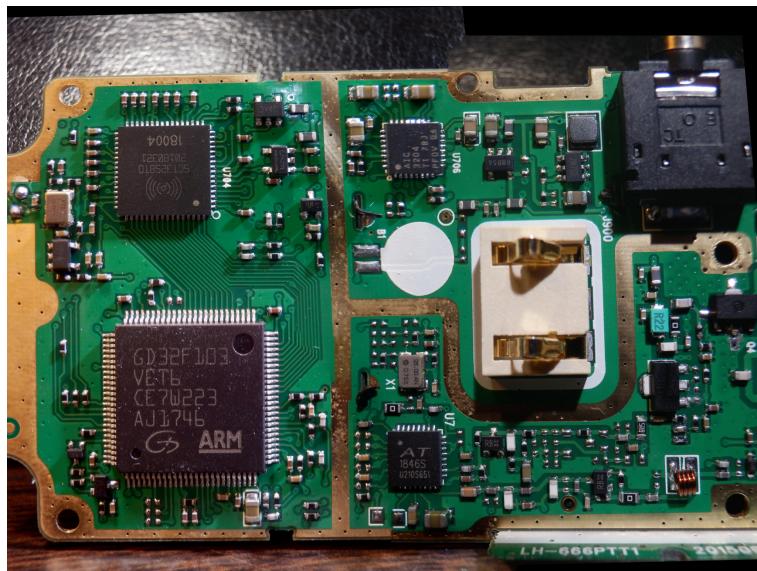


図 A.7: RT80 メインボード (2) プロセッサ周辺

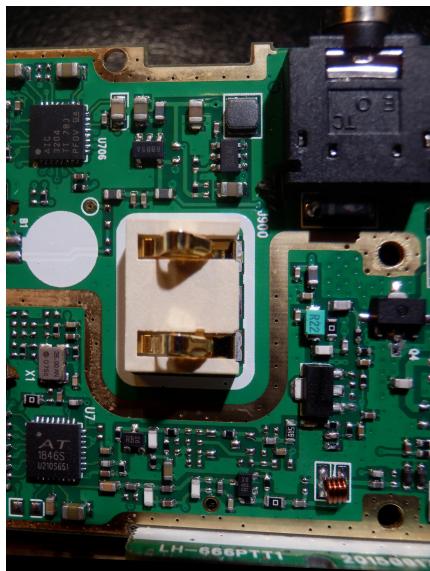


図 A.8: RT80 メインボード (3) トランシーバ周辺

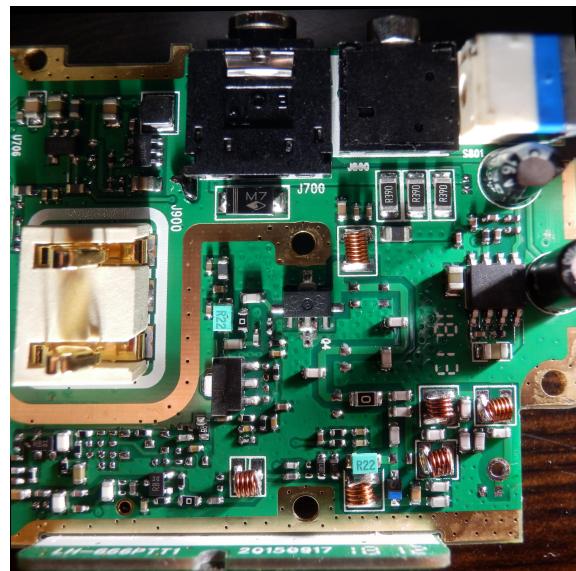


図 A.9: RT80 メインボード (4) 終段周辺

A.4 部品を調べて書類を書こう

イマドキの無線機に使われている部品は非常に小さく、ルーペを使ってもマーキングを読むのに苦労します。また、角度を変えてデジカメで何枚か撮っても印字が薄くて読むのに難儀する部品も

あります。基板上の部品のマーキングを拾い、Baofeng UV-5R/UV-3R や YAESU FT-65 で採用している RDA1846S(AT1846S) → 2SC3356 → 2SK3078 → RQA0009 という構成から大きく外れることはないと仮定して調べた結果、以下のようになりました。

SCT3258TD

SICOMM SCT3258 dPMR/DMR base band processor¹⁵

AT1846S

AUCTUS AT1846S single-chip transceiver

GD32F103VET6

GigaDevice GD32F103 ARM Cortex-M3 microcontroller¹⁶

AIC3204

Texas Instruments TLV320AIC3204 stereo audio CODEC¹⁷

RB DI

KEC KTC3770U¹⁸

H3 0937

HERO HE3078 (2SK3078 互換)

KC 7Y2

mitsubishi RD02LUS2¹⁹

KTC3770U, HE3078, RD02LUS2 を突き止めるのには時間がかかりました。KTC3770U, HE3078 は「丝印 H3 SOT89」や「丝印 RB sot」のように中国語で検索しないと見つけることができず、RD02LUS2 はそれでも見つからなかったので Retevis の Facebook ページ²⁰からオンラインチャットで聞き出しました。

ここまで入手した情報を元に、作成した RT80 の送信機系統図がこちらです²¹。

¹⁵<http://www.sicommtech.com/en/products/sct3258.html>

¹⁶<https://www.gigadevice.com/products/microcontrollers/gd32/arm-cortex-m3/mainstream-line/gd32f103-series/>

¹⁷<https://www.ti.com/product/TLV320AIC3204>

¹⁸<http://www2.kec.co.kr/data/databook/pdf/KTC/Eng/KTC3770U.pdf>

¹⁹<https://www.mitsubishielectric.com/semiconductors/content/product/highfrequency/siliconrf/discrete/rd02lus2.pdf>

²⁰<https://www.facebook.com/retevis/>

²¹当初は AT1846S → KTC3770U → HE3007 とこれを申請に使っていましたが、トランジスタ数を考えると AT1846S → KTC3770U → HE3007 とした方が適切と判断し、修正した図を掲載しています。

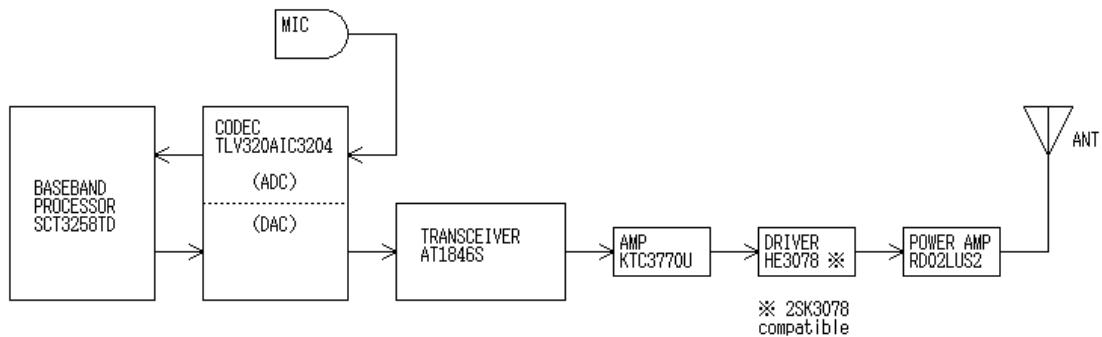


図 A.10: RT80 送信機系統図

工事設計書も作成します。RT80 の申請は電子申請 Lite ではなく紙で行いました（理由は後述）。

発射可能な電波の形式及び周波数の範囲

F2D F3E F7W 430MHz

変調方式

F2D, F3E 数値演算型周波数変調

F7W 数値演算型四値周波数偏移変調

終段管（名称×個数・電圧）

RD02LUS2 × 1 個 7.4V

定格出力

5W

終段管に印加する電圧は、RT80 のバッテリー（7.4V）と同じです。メーカーの謎い文句では RD02LUS2 は 470MHz, 2W, 3.6V の MOS FET となっており、こんな電圧を印加したら壊れてしまうのではないかと思いデータシートを確認してみました。7V 印加時に 6W 程度の出力が得られるというグラフがあったこと、および絶対最大定格内ではあるため、おかしな使い方ではなさそうです²²。

送信機系統図と工事設計書が揃い、変更申請書と保証認定の願書を用意して JARD に送ってみたところ、「新スプリアス規定に合致する事の確認が取れるデータが必要です」という返事が来ました。問い合わせてみると、FCC 向けの測定方法と日本向けの測定方法は異なっているため、FCC ID を取っているという理由だけでは受け付けることができないそうです。

²²とはいえ、何故 RQA0009 を使わなかったのかという疑問は残ります。

A.5 JARD の測定器室を利用しよう

無線機が新スプリアス基準を満たしているかどうかはスペクトラムアナライザによる測定が必要になりますが、安価なものが出てきているとはいえ高価な測定器であることは間違いないかもしれません。そこで、JARD の測定器室²³を利用します。

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying the JARD Measurement Room website. The title bar reads "JARD 测定器室の開放 (一般) - Mozilla Firefox". The main content area is divided into sections:

- 利用可能日**: 毎週水曜及び木曜のみ (週2日、ただし祝日は除く)
- 利用時間**: A:13:00～15:00
B:16:00～18:00 (1日2区分)
- 利用単位**: 原則2時間

測定項目等

- 測定対象**: アマチュア無線設備等 (無線機等はアンテナ端子から測定)
※測定可能な無線機は500Wまでです。
- 測定項目と使用する測定器等について**

測定項目	使用する主な測定器	型名/メーカー	備考
①周波数	周波数計	MF 2414B/アンリツ	
②空中線電力	電力計	E 4418B/アジレント 437B/HP	
③新スプリアス発射	スペクトル分析機	MS 2720T/アンリツ	(*)
④占有周波数帯幅	擬似音声発生器	KSG 3600/菊水	
⑤AM/FM波変調度	変調度計	HP 8901B/HP MS 2720T/アンリツ	
⑥電圧/電流/抵抗	電圧・電流計	45/フルーク	

HP : ヒューレットパッカード製
(注意) 1. 備考欄の (*) の項目の測定は、JARD 相談員がサポートを行います。
2. 上記メニューのほかはご相談ください。(フィルタ特性など)
3. 使用可能な電源電圧は、AC 100V、DC 20V ～ 38V まで

図 A.11: JARD 測定器室の利用案内

²³https://www.jard.or.jp/gitekininsho/measuring_instrument_service/

詳細な情報は、とちぎ BS140 さんの blog²⁴が参考になります。RT80 のようなハンディ機の測定を行う場合は、以下のような準備が必要になります。

- JARD 測定器室の開放 申込ページ²⁵から申し込みを行う
- 申し込み後、受付メールが来るのでこれを印刷する
- 当日は以下の機材を持参する
 - 印刷した受付メール
 - 測定器室の利用料 (現金)
 - USB メモリ (スプリアス測定結果保存用)
 - 測定対象となる無線機
 - その他必要なもの (電源ケーブルなど)

測定する前に準備しておくべきことや、疑問となることがあれば予めメールで質問しておくと良いでしょう。RT80 に関しては、以下の準備を行って持参しました。

- バッテリーをフル充電する
- DMR/Analog (25kHz) 各モードにおいて、周波数 435.0000MHz、最大出力を予めメモリしておく
- TOT (Time Out Timer) は無効化しておく

RT80 はハンディ機 (バッテリー駆動) なので電源ケーブルは無く、また擬似音声発生器の音響出力はスピーカーみたいなものを使ってマイクに入れるためこの部分の接続ケーブルは不要でしたが、テストする無線機によってはこれらのケーブルも持参する必要があるでしょう。無線機と測定器と接続するためのリバース SMA からの変換コネクタ (SMA/M/N/BNC) は持っていれば持参するように言われますが、持っていないければ借りることができます。

測定自体は JARD の担当者が行ってくれるので、こちらは指示に従って PTT、モード (DMR/Analog) を切り替える操作を行うだけです。2 台の RT80 を測定してみましたが、どちらとも新スプリアス基準を満たしていることを確認しました。

RT80 の変更申請は電子申請 Lite ではなく紙で行っており、一旦取り下げた際に戻ってきた申請書一式も持参しました。申請書の書き方で何か問題点がないか相談するつもりでいたのですが、これについては問題はなさそうであること、そして「折角だから申請してはどうか」とのアドバイスでその場で提出してきました。

²⁴https://tochigib140.expt.jp/amateurradio/measuring_instrument_service_report

²⁵<https://e-application.jard.or.jp/reservation/>

A.6 そして

JARD に書類を提出してから、二～三週間くらいの時間で免許状を手にしています。手間はかかりましたが、手順を踏めば海外製の無線機でも（基準を満たしていれば）日本国内で利用可能なことが分かりました。

RT80、DMR 機としての基本的な機能は持っていますが不満がない訳ではありません。MD-380 のような改造ファームウェアを使用して発信者のコールサインを表示するようなことはできませんし、SMS 周りも MD-380 との互換性は無いようで BrandMeister 越しでもメッセージをやりとりすることができません。とはいっても、MD-380 より軽く、操作性の良い点は非常に気に入っています。

これを書いている時点だと Baofeng DM-1801 の方が RT80 よりも安く、AliExpress では \$55 程度の価格で出ています。他にも魅力的な DMR 機がいくつかあり、機会があれば挑戦してみたいと考えています。

付 錄B USB 非対応の JumboSPOT をパソコントで使うために

B.1 USB 非対応でも大丈夫です

本文では USB 接続に対応した JumboSPOT をパソコンに接続するようにしていますが、入手性があまり良くないため、ここで USB 接続に非対応の JumboSPOT を入手した場合について補足します。

B.2 電源と UART さえ繋げば動きます

JumboSPOT は、Raspberry Pi の 40 ピン GPIO 端子に装着して使用するように作られています。しかし JumboSPOT が実際に使用するのは電源 (5V/3.3V/GND) および UART (TXD/RXD) だけなので、然るべきものを用意すれば Raspberry Pi 以外でも動作させることができます。UART については USB-UART アダプタで対応し、電源については USB から 5V を取り、ここから 3.3V をレギュレータで生成すれば良いでしょう¹。

USB-UART は CH340E を搭載したアダプタを使用しましたが、以下の条件を満たしていればどのようなコントローラを搭載していても動作すると思われます。

- 5V の電源端子がある
- RXD/TXD 信号を 3.3V で入出力できる
- OS が USB-UART コントローラに対応している（ドライバを持っている）

配線自体は難しいものではなく、対応する端子に対応する信号や電圧を接続するだけです。レギュレータについては、AliExpress で売られていた DD0403MA 搭載 LDO モジュールを使用しましたが、3.3V を生成し十分な電源容量が得られれば何でも構いません。雑な図ですが、こんな感じになるでしょうか。

¹USB-UART アダプタから 3.3V を取る方法もありますが、アダプタによっては電源容量が不足する可能性もあるため、ここではレギュレータを使用しています。

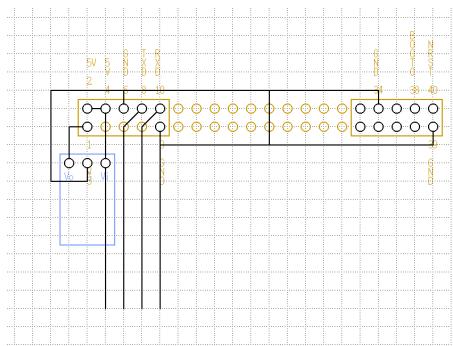


図 B.1: 配線図 (部品面)

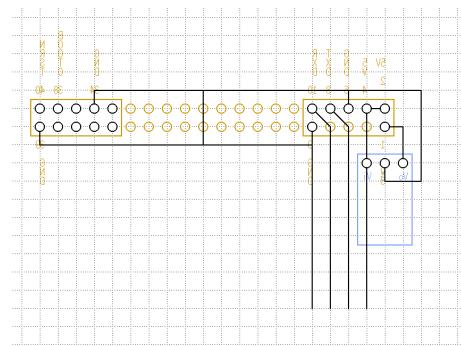


図 B.2: 配線図 (半田面)

B.3 実際に作ってみました

ピンが曲がっていたり、ハンダ付けもあまり上手い訳では無いのですが、製作例です。JumboSPOT フームウェア書き換え用のコネクタ (Raspberry Pi のピン 38, 40 に対応する部分) も実装していますが、これは省略しても構いません。

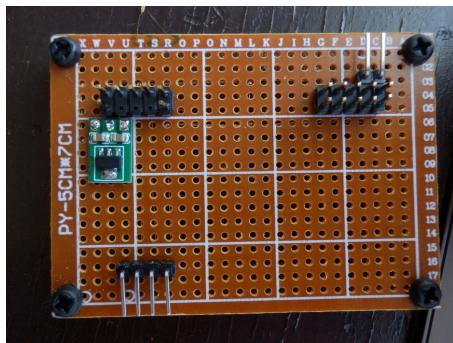


図 B.3: 組立例 (部品面)

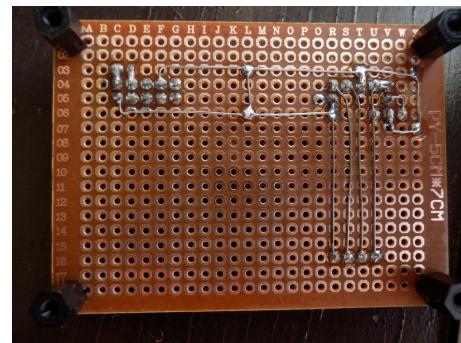


図 B.4: 組立例 (半田面)

JumboSPOT を搭載して USB-UART を接続し、PC 上の MMDVMHost から制御できることも確認しています。

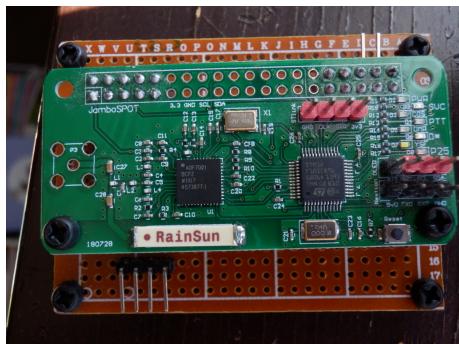


図 B.5: JumboSPOT 装着時の状態

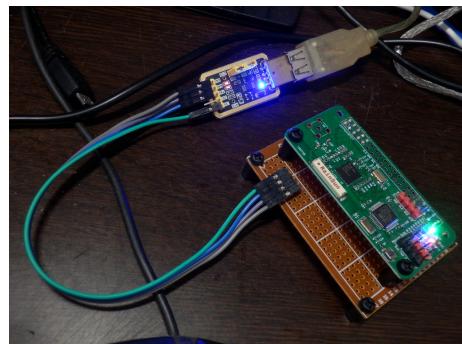


図 B.6: 動作中の様子

なお、USB接続に対応したJumboSPOTは`/dev/ttyACM0`に接続されますが、USB-UARTを使用して接続した場合は`/dev/ttyUSB0`となる場合もあるので注意が必要です²。

2024年10月の時点においては、AliExpressでno-pi-spot (<https://github.com/yl3im/no-pi-spot>)を製品化したものが販売されているため、自作せずとも済む状況になっています。

B.4 参考文献

JumboSPOT+bluetooth

<http://jg3ebb.mydns.jp/html/art/00089.html>

²USB-CDC (Communication Device Class)に準拠したデバイスでは`/dev/ttyACM0`となりますが、そうでない場合は`/dev/ttyUSB0`となります。

付 錄C JumboSPOT ファームウェアの書き換え

JumboSPOT ファームウェアは比較的安定していると言える状況にありますが、新しいデジタルモード（例えば M1¹）が追加された場合は MMDVMHost だけでなく JumboSPOT の対応も要求されるため、ファームウェアの書き換えが必要となります。本章では、JumboSPOT ファームウェアをソースコードからビルドして書き換える手順について説明します。

C.1 ファームウェアをビルドするための準備

MMDVMHost のコンパイルと同様に build-essential および git パッケージが必須となります。これに加えてコンパイル用のツールチェインとなる gcc-arm-none-eabi および書き込みツールとなる stlink-tools が必要となります。

```
# apt-get update
# apt-get upgrade

▷ 続行しますか? [Y/n] の問い合わせがあれば y

# apt-get install build-essential git gcc-arm-none-eabi stlink-tools

▷ 続行しますか? [Y/n] の問い合わせがあれば y
```

Raspberry Pi に JumboSPOT を接続し、Pi-Star などのソフトウェアを使用する場合は特別な道具を用意しなくても JumboSPOT ファームウェアを更新することができますが、Raspberry Pi を使わずに更新する場合は ST-LINK/V2 と呼ばれる書き込みツールを用意する必要があります。純正品は高いため、AliExpress などで売られている安価な互換品で十分対応できます。

C.2 MMDVM_HS のコンパイル

ファームウェア (MMDVM_HS) をダウンロードします。STM32F10X_Lib をサブモジュールとして含んでいますので、git のオプションに必ず --recursive を指定してください。

¹<https://m17project.org/>

```
$ cd ~
$ git clone --recursive https://github.com/juribeparada/MMDVM_HS
$ cd MMDVM_HS
```

使用する MMDVM ボードに応じた設定は、Config.h で行います。ソースコードはすべて git の管理下にあるためバックアップを残す必要はありませんが、念のため元の Config.h を残し、JumboSPOT 向けの設定を configs ディレクトリからコピー (とリネーム) して用意します。

```
$ mv Config.h Config.h.orig
$ cp configs/MMDVM_HS_Hat.h Config.h
```

用意した Config.h は基本的にそのままで動作するようになっていますが、以下の部分については JumboSPOT の接続形態 (GPIO/USB) に応じた設定が必要となります。

```
// Host communication selection:
#define STM32_USART1_HOST
// #define STM32_USB_HOST
// #define STM32_I2C_HOST

▷ GPIO (UART) 接続の場合は #define STM32_USART1_HOST を、USB 接続の場合は #define STM32_USB_HOST と #define LONG_USB_RESET を有効にします
```

本書では触れませんでしたが、JumboSPOT 上の LCD 接続用 UART コネクタに LCD パネルを接続し²、様々なステータスの表示を行うことができるようになっています。パネルを繋ぐ予定がある場合は、SERIAL_REPEATEROBAUD の設定が使用するパネル (の通信速度) に合致するよう、確認しておきましょう。

```
// Enable Nextion LCD serial port repeater on USART2 (ZUMspot Libre Kit and ZUMspot RPi):
#define SERIAL_REPEATERO
#define SERIAL_REPEATEROBAUD 9600
```

あとは

```
$ make nobl
```

でビルドを行います。エラー無くビルドが行えたら JumboSPOT の Pin 38, 40 をショートさせ、ST-LINK と JumboSPOT の Vcc(3.3V), GND, DIO, CLK を結線し、ST-LINK をパソコンに接続して以下のコマンドを実行します。³

```
$ st-flash write mmdvm_f1nobl.bin 0x08000000
```

²Nextion Display が非常に有名ですが、詳細については省略します。

³ST-LINK による書き換えを前提としているためにこの形式としていますが、Pi-Starなどのソフトウェアから書き換える場合は適当なブートローダを書き込んだ上で make bl; st-flash write mmdvm_f1bl.bin 0x08002000 してください。