

本書はハムフェア 2023 で頒布した TNC 機能付 QRP 無線機に関する説明となる

シルク印刷で JK1MLY 2023.7 と入っている基板が対象となるので、バージョンが違う場合は差が出る

注意

XAIO (CPU によらない) での動作検証はできていない

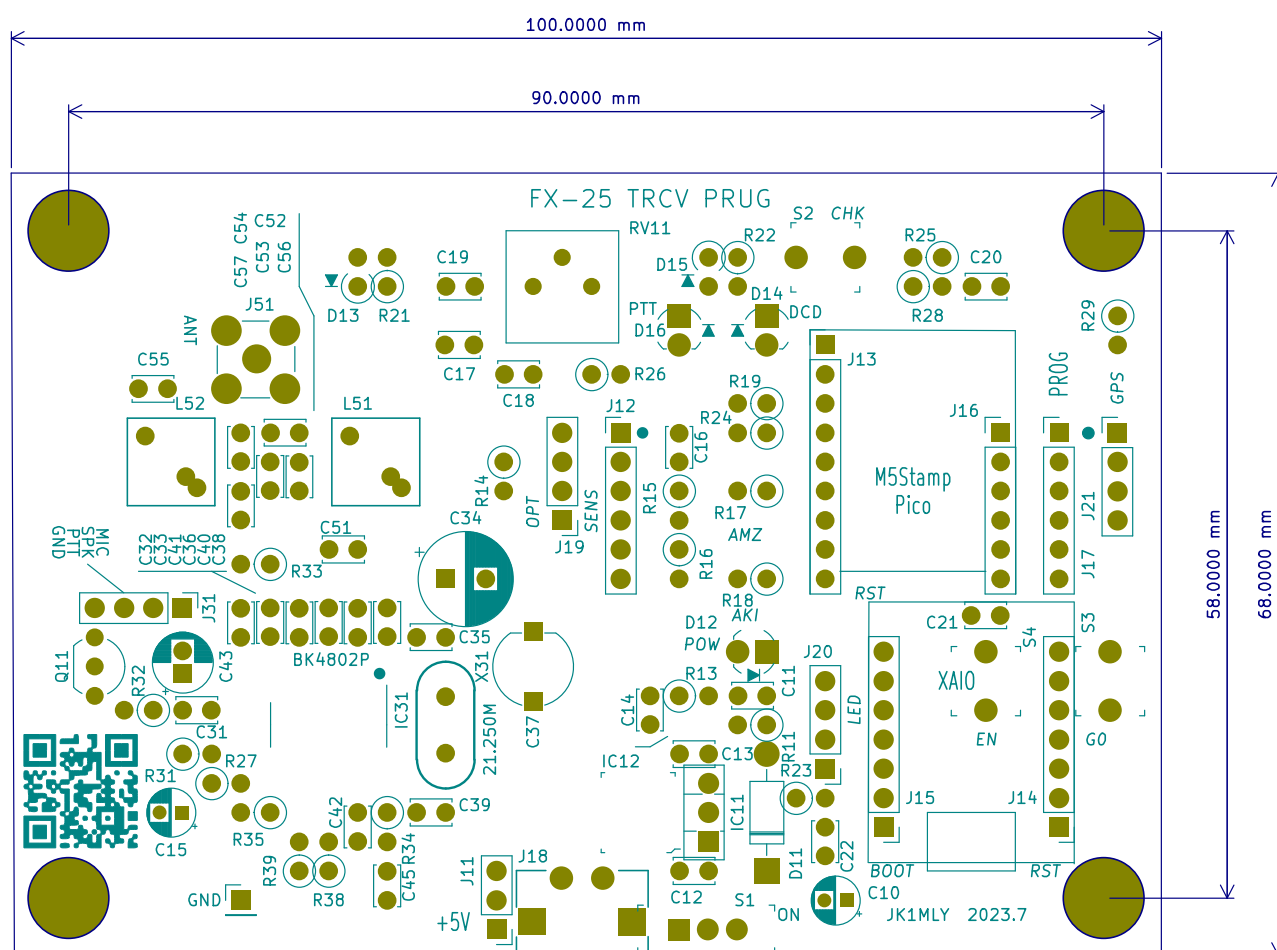
M5stamp Pico で書き換え時に SW を使う必要がある環境の場合は XAIO 用コネクタを実装しない

USB コネクタ(J18)は電源供給のみに使用 (USB シリアルは実装していない)

アンテナを接続する場合にはアマチュア無線局の開局または変更が必要

水晶(X31)の周波数をトリマ(C37)で合わせる前は大きく周波数がズレている可能性がある

3 端子レギュレータ(IC11)は昔からの左右が IN/OUT なピン配置な部品を使うこと



CAD データなどは GitHub から入手可能

<https://github.com/jk1mly/pcb-qrp-tnc/tree/v2023>

オプション

機能を使う場合のみ実装する部品は以下となる

1. M5Stamp Pico（推奨）

J13, J16, J17(プログラム用)

2. M5Stamp プログラム用（ダウンロードケーブルからリセットできる場合は不要）

S3, S4, C21

3. XAIO（ESP32S3, ESP32C3, RP2040 を想定・動作実績なし）

J14, J15

注；1, 2 と 3 は同時に実装不可

（無理すれば部品は実装できるが CPU ボードは片方だけ実装は厳守）

4. センサ（秋月・推奨）

J12, C16, R18

5. センサ（アマゾンほか・動作実績なし）

J12, C16, R17（必要に応じて R15, R16）

注；4 と 5 は同時に実装不可

6. GPS（電源 5V・動作実績なし）

J21, R29

7. その他（電源 3.3V・I2C 接続）

J19

8. シリアル LED（電源 5V・XAIO のみ・動作実績なし）

J20, R23

9. 外部無線機（動作実績なし）

J31, C32, R27 ハンディ機の場合 Q11, R32

10. FM 機として使用（動作実績なし）

J31, C32, R27 Q11（2-3 ジャンパ） ECM の場合 R33

（C19, C43 ほか不要部品もありトランシーバ IC の実験してみたい方のための回路）

11. 電源

J18 (USB) または J11 (汎用 3P) どちらかを実装、または J11 ランドへ直接に配線

12. 電源スイッチ

S1 (スライド SW) はスイッチ不要なら未実装

13. 430M 以外

L51, L52, C51~57 のパターンを用いて設計したフィルタを実装

あるいはフィルタ部をスルー回路に変更して外部にフィルタを追加

半田付

周辺部品との干渉から IC31 (トランシーバ IC)、3 端子レギュレータ IC12 に SOP タイプ (推奨) を実装する場合は先に実装

低背タイプ (推奨) を使用する場合は CPU 用コネクタ (J13, J16 または J14, J15) と電源に USB を使う場合はコネクタ J18 も先に実装

あとは背の低い順にセラミックコンデンサ (積層を含む)、ダイオード (LED を含む)、可変インダクタ (コアを抜く)、水晶、トリマ、スイッチ、抵抗 (可変 VR を含む)、コネクタ、電解コンで実装

注意

CPU 用のコネクタは傾いてしまうとモジュールの実装ができない可能性がある

あらかじめモジュールとコネクタを嵌合させるなどして位置合わせすると良い

LED、電解コンなど有極性部品はシルクに描かれた方向か半田付前に確認

参考

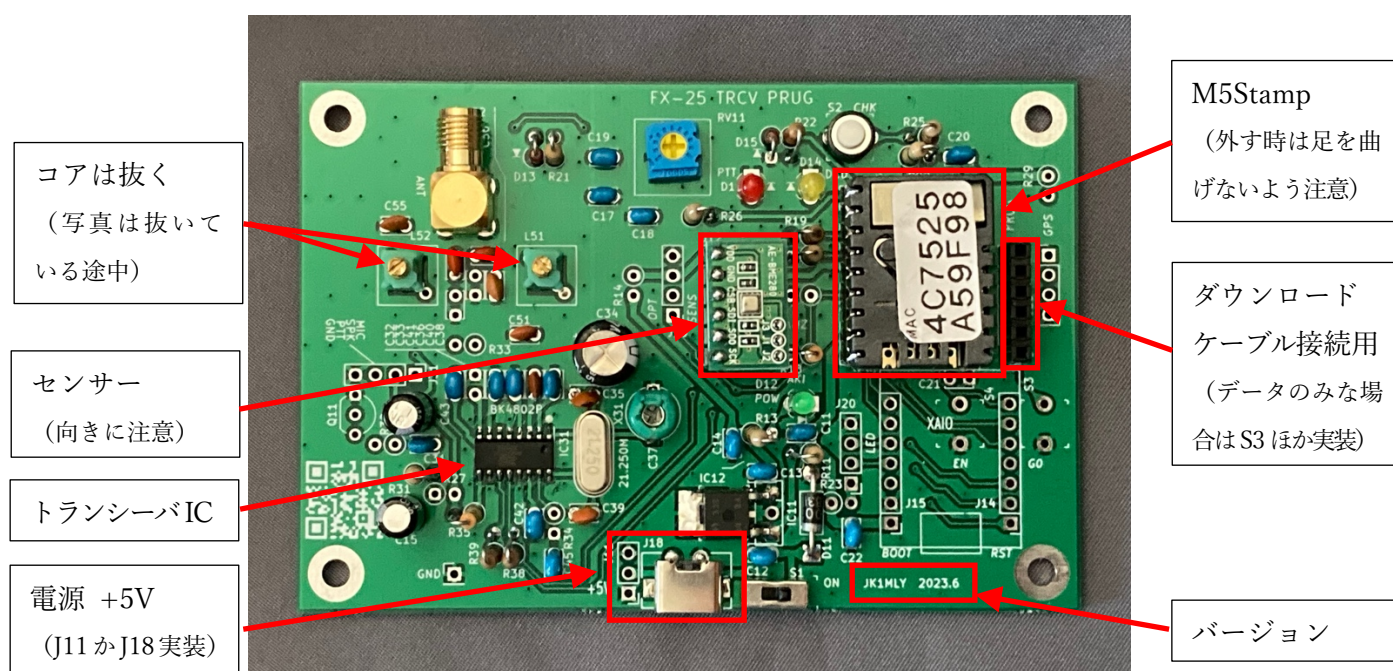
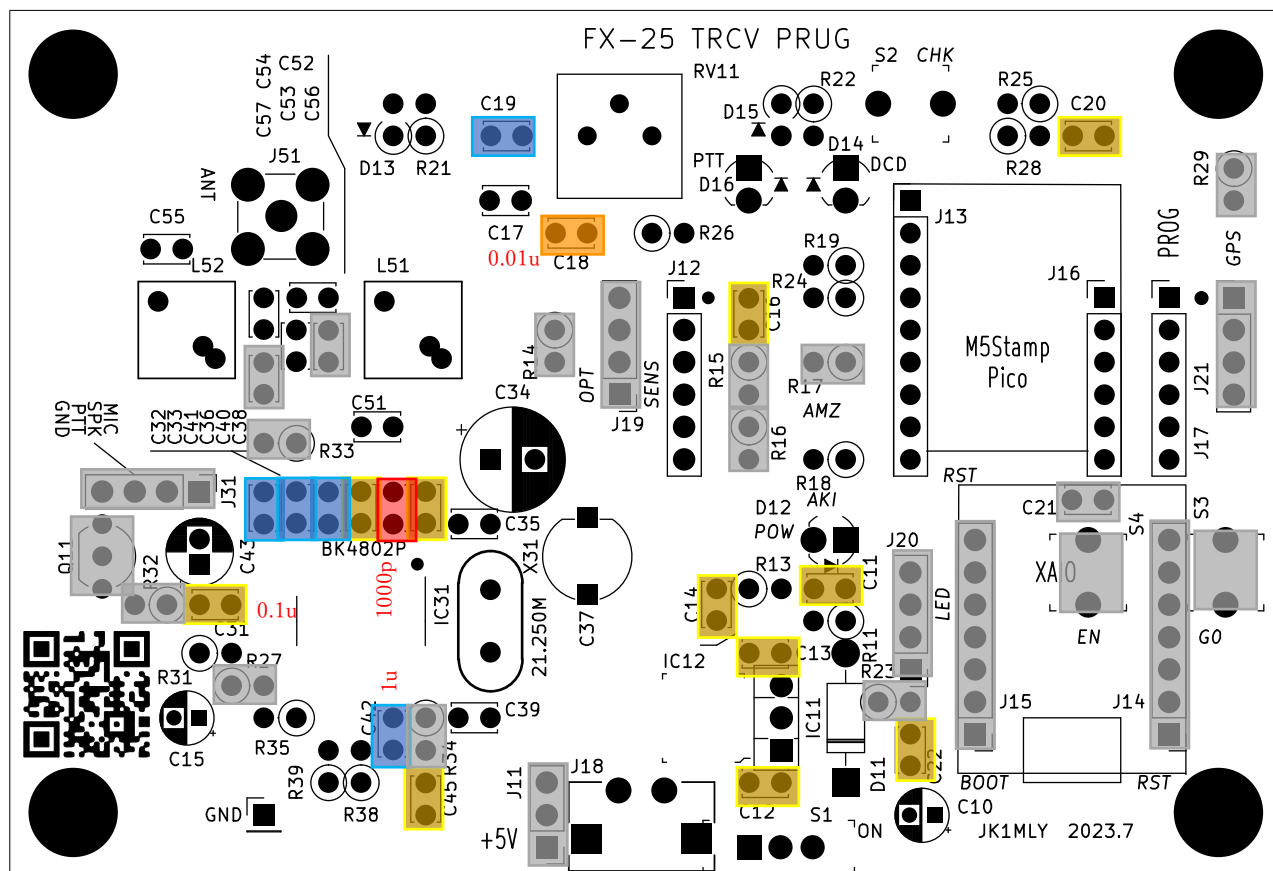
部分的に電源の確認を行いながら組み立てる場合、以下の抵抗で電源が分離できる

R11 CPU モジュールへの 5V (J11 から電源を供給する場合の極性チェック)

R31 トランシーバ IC への 3.3V (通電前のショートチェック、3.3V チェック)

バンドパスフィルタを変更・測定・調整する場合は、C14 をあとから実装する

実装数が多い 0.1uF、1uF のパスコンと、推奨状態での未実装部品の位置は下図を参考
回路図と参考図で差がある場合は、基本的に回路図を優先



調整・確認

準備

USB タイプ C コネクタの 5V 電源

430M 帯を受信できる無線機または受信機

周波数カウンタ（無い場合は受信信号で調整）

3G まで確認できるスペクトラムアナライザ（JARD などへ実測スペクトラムを出すため）

アッテネータ（スペアナに入力できるレンジによっては不要）

430M 帯のアンテナ

ESP32 のコンパイル環境

ESP32 のダウンロードケーブル

終端器（ダミーロード）

調整

IC12 の入力側と GND、出力側と GND、入力側と GND がショートしていないことを確認

RV11 を中間程度に設定

J17 にダウンロードケーブルを接続（ここから電源供給となる）

事前にプログラムをコンパイル

M5Stamp にプログラムを書き込む

再起動後にシリアルコンソールから正常に起動することを確認

ダウンロードケーブルを外す

J51 に周波数カウンタを接続

J11 または J18 から 5V を供給

S2(CHK)を押したまま S1 を ON（スイッチ無しの場合は S2 を押して電源 off/on）

S2 を離すまで変調状態で送信状態となるので C37 で大まかな周波数を合わせる

周波数カウンタがない場合は J51 に終端器を接続、無線機などで聞いて合わせる

この場合、数十 kHz 周波数がズレていることもあるので上下も確認する

RV11 を回し音が小さくしてから、徐々に上げていき十分な音量な位置にする

いったん電源を off する

周波数カウンタで合わせる場合も漏れ電波を無線機などで受信する準備をする

電源を ON して数秒すると 1 回目の送信をするので、そのタイミングで 2S を押す

S2 を離すまで無変調状態で送信状態となるので C37 で周波数を合わせる

J51 にスペクトラムアナライザを接続

接続する際は必要に応じてアッテネータを入れる

S2(CHK)を押したまま S1 を ON し、変調状態のスペクトラムを取る

現状 430M 帯だと 3GHz までの測定が必要になる

JARD だと帯域外領域の波形まで求められていないが必要な場合は取得

無変調で測るためパケットを送信中に S2 を押す方法で電波を出す

ソフトウェア

基本的には下記 URL なソフトウェアを使用

(最新状態は本プロジェクトの本家からダウンロードが原則)

<https://github.com/amedes/ESP32TNC>

調整やデータ取得用には下記 URL にある、テスト用のスイッチでの動作を加えたものを使用

(送信してないところで S2 を押すと変調状態、送信中に押すと無変調で連続送信)

<https://github.com/jk1mly/ESP32TNC/tree/txtest>

主な設定は以下。詳細を知りたい場合は amedes 側のドキュメントを参照。

```
→ ESP32TNC Configuration → Hardware type
Espressif IoT Development Framework
Stick Plus
Atom Lite/Matrix
.25 KISS TNC rev.1 (TCM3105 version)
.25 KISS TNC rev.2 (SMD version)
.25 KISS TNC rev.3 (6ports capable version)
.25 KISS TNC rev.4 (Software modem and TCM3105 version)
.25 KISS TNC rev.5 (KB4802 version, experimental)
```

ハードウェアとして rev.5 を選択

```
(Top) → ESP32TNC Configuration
Espressif IoT Development Framework
Hardware type (FX.25 KISS TNC rev.5 (KB4802 version, experi
[*] Enable text mode instead of KISS protocol
[ ] Enable WiFi
(50) KISS TXDELAY, 10 ms units
(63) KISS persistence parameter, P
(10) KISS SlotTime, 10 ms units
[ ] full duplex if true
[*] Enable FX.25 Forward Error Correction
FX.25 number of parity symbols (FX.25 16 parity) ---->
[*] Enable beacon
(JK1MLY) Source address of beacon packet
(600) Interval of beacon packet
(Beacon packet of ESP32TNC) Beacon text
[ ] output debug message
[*] sending FX.25 FEC statistics information to the air as AX.2
(JK1MLY) Source address of FX.25 FEC statistics packet
(431040000) BK4802 default frequency
(0) AUDIO input ADC1 CH number for BK4802, 0=36,3=39,4=32,5=33,
(26) AUDIO output GPIO number for BK4802, 0-33
(21) BK4802 I2C SDA GPIO number, 0-33
(22) BK4802 I2C SCL GPIO number, 0-33
(19) BK4802 TRX GPIO number, -1-33 (-1: disable)
(18) BK4802 DCD LED GPIO number, -1-33 (-1: disable)
```

使うポートは以下を選択

Audio Input	0
Audio Output	26
I2C SDA	21
I2C SCL	22
TRX	19
DCD LED	18

コールサインなどデフォルトではダメな
項目についても設定

```
(Top) → BME280 APRS Configuration
Espressif IoT Development Framework
[*] BME280 exists
(600) BME280 interval in sec.
(JK1MLY) BME280 source callsign
(BEACON) BME280 distnation callsign
(WIDE1-1) BME280 digipeater callsign
(3539.20N) BME280 latitude
(13927.73E) BME280 longitude
```

センサを有効にして

コールサインなど設定

どこかに置いておく前提なので
位置情報は固定値

部品表

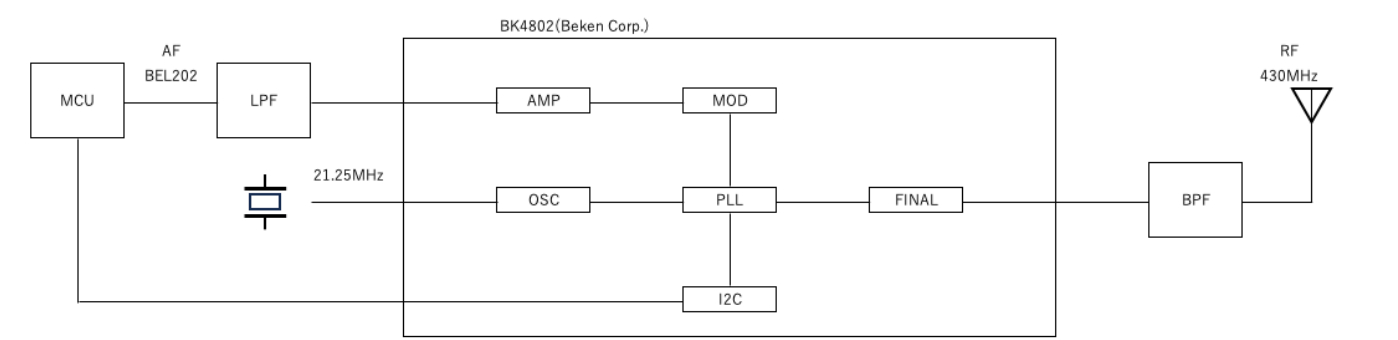
GitHub のデータと異なる場合、回路図が優先。

[秋月電子](#) (通販コード記載)、[サトー電気](#)、[aitendo](#) などで入手可能 (IC31 のみ [aitendo](#))

C10	100u	P-17877	IC12	3.3V LDO	I-02252
C11	0.1u	P-13582	IC31	BK4802P	aitendo
C12	0.1u	P-13582	J11	3pin	C-00167
C13	0.1u	P-13582	J12	6pin low	C-03138
C14	0.1u	P-13582	J13	9pin low	C-03138
C15	100u	P-17877	J14	7pin low	C-03138
C16	0.1u	P-13582	J15	7pin low	C-03138
C17	0.1u	P-13582	J16	6pin	C-05779
C18	0.01u	P-04063	J17	6pin	C-05779
C19	1u	P-13582	J18	USB	C-16895
C20	0.1u	P-13582	J19	4pin	C-05779
C22	0.1u	P-13582	J20	4pin	C-05779
C31	0.1u	P-15940	J21	4pin	C-05779
C33	1u	P-15940	J51	SMA	C-01422
C34	470u	P-10273	L51	20n	1.5T
C35	22p	satodenki	L52	20n	1.5T
C36	0.1u	P-15940	R11	0	R-25000
C37	30p	P-15470	R13	10k	R-25103
C38	0.1u	P-15940	R18	0	R-25000
C39	27p	satodenki	R19	2.2k	R-25222
C40	1000p	satodenki	R21	100k	R-25104
C41	1u	P-15940	R22	22k	R-25223
C42	1u	P-15940	R24	4.7k	R-25472
C43	10u	P-17897	R25	10k	R-25103
C45	0.1u	P-15940	R26	4.7k	R-25472
C51	10p	P-04058	R28	0	R-25000
C52	22p	satodenki	R31	0	R-25000
C53	18p	P-04060	R35	10	R-25100
C54	22p	satodenki	R38	3.3k	R-25332
C55	10p	P-04058	R39	3.3k	R-25332
D11	1N4007	I-08332	RV11	2k	P-14902
D12	LED-G	I-11635	S1	SW_SPDT	P-12723
D13	1SS178	I-07783	S2	SW_Push	P-08080
D14	LED-Y	I-11639	X31	21.25M	aitendo
D15	1SS178	I-07783			
D16	LED-R	I-11577			

免許申請

取得した波形を添えて JARD など保証認定を受け無線機を追加する申請・届出を行う
系統図は以下となるので、「平成 17 年 12 月に施行された新スプリアス規格により設計・製作したもの」であることを明記して工事設計書に記載する。



参考資料として BK4802 のデータシート抜粋を付け 10mW の根拠とする。

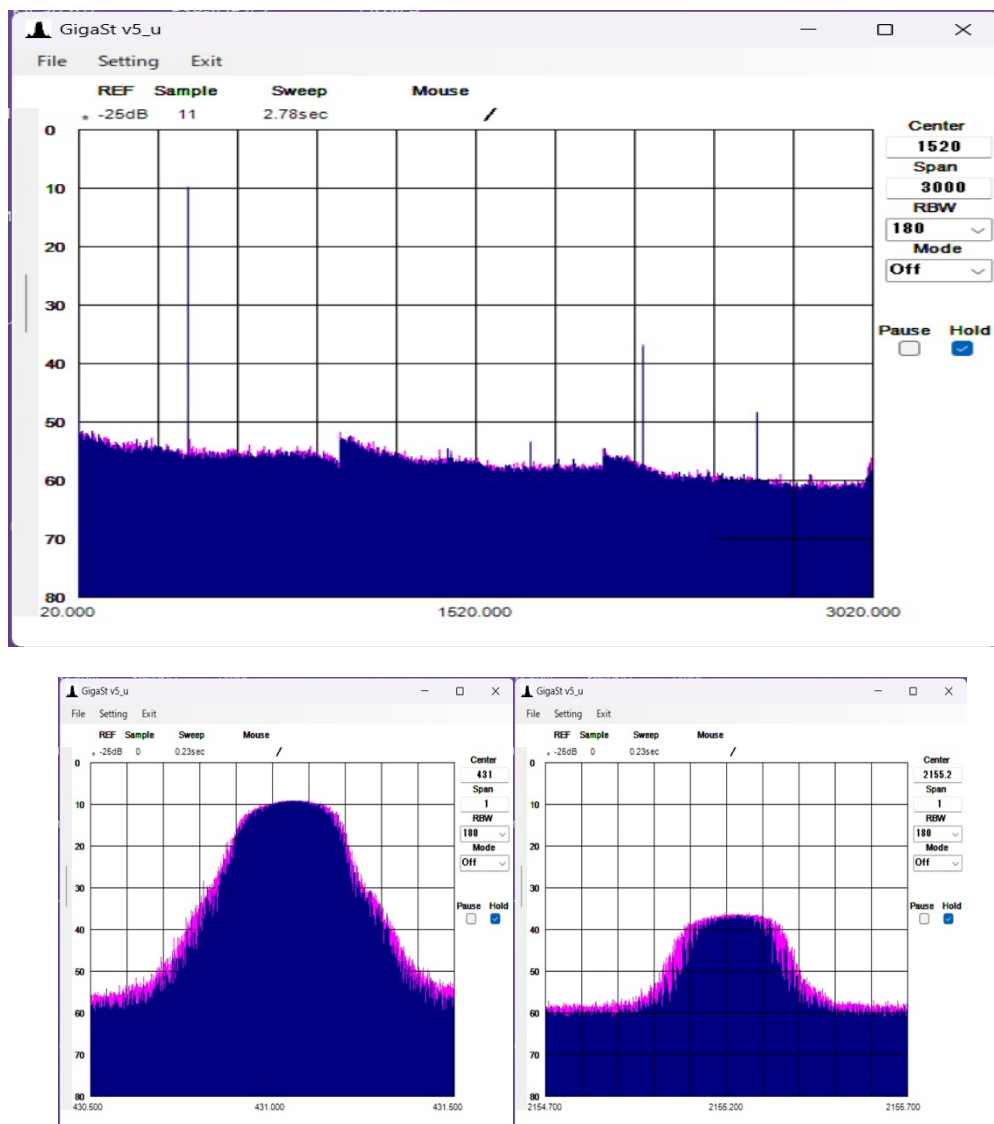
Table 5Transmitter Characteristics

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating Frequency	F _{OP}	1	384	—	512	MHz
		2	128	—	170	
		3	35	—	57	
		4	24	—	32	
Output Power	POUT	5	-40	—	12	dBm
Adjacent Channel Power Rejection	ACPR	6		61	73	dB
Microphone Sensitivity	MICSENS	7		0.5		mV
TX SINAD	TSINAD	7		33		dB

実機での動作検証として、測定した結果をもとにスプリアスに問題がないことを添付する。
以下は自局の設備として提出した際に記載した内容である。

- 変調波にて 30M～3GHz をスイープ
- 送信機出力は 30dB のアッテネータを介してスペアナに接続
- 基本波を+5dBm で確認
- 第 5 高調波をレベル差 26dB、-31dBm で確認
- スプリアス領域の許容値は 25uW = -16dBm
- 基本波が実際は+10dBm としても第 5 高調波は-26dBm であり 10dB の余裕

すでに入手できないスペアナだが、GigaSt (<http://www.wa.commufa.jp/gigast/>)を用いての測定結果は以下で、この程度のデータでも JARD に保証認定して頂くことがでている。



参考

基本波および第5高調波の確認では帯域が広く取れているが、これは変調によるものではなく、スペアナ側の帯域が広いためである。

このため所有する機材では帯域外領域の測定はできない。このことは事前に分かっていたので、あらかじめ JARD の Web にある説明だとスプリアス領域しか触れられていないので問い合わせしており、可能な測定をして出してもらうことで判断するとの回答をもらい申請を行っている。

このため同じ程度の測定だけで必ず保証認定されるかは分からない。一昨年あたりからスペクトラム波形が必須になったが、それ以前だと設計内容の説明だけで通っている。もし簡易的な方法でも測定できない場合には、あきらめずに事前に JARD などに相談することを勧める。

同じ定数のフィルタを外部につけると、この第5高調波は落としていること、フィルタを入れなくても同程度のレベルなことから、基板内で直接に GND に乗るなどして入っているため、改善したい方は基板にスリットを入れるなどすると良いかもしれない。