

2014 Tokyo Top Band Meeting

HF帯用SDRトランシーバについて (Software Defined Radio)

既存のDSPフラグシップ機との比較、及び
最新の100WクラスSDRトランシーバの比較

JA2GXU

ja2gxu@arri.net

SDRと既存フラグシップ機との比較 受信時

No.	項目	Apache Labs ANAN-200D	KENWOOD TS-990	YAESU FTDX5000	ICOM IC-7800
1	構成	16bit DDC (Digital Down Conversion)	ダブルスーパー ヘテロダイ + DSP	ダブルスーパー ヘテロダイ + DSP	ダブルスーパー ヘテロダイ + DSP
2	IP3 20kHz離隔	+45dBm (Pre Amp OFF)	+40dBm (Pre Amp OFF -16dBm)	+45dBm (Pre Amp OFF -12dBm)	+37dBm (Pre Amp OFF)
			+44dBm (Pre Amp OFF 0dBm)	+42dBm (Pre Amp OFF 0dBm)	
	IP3 2kHz離隔	+45dBm (Pre Amp OFF)	+24dBm (Pre Amp OFF -27dBm)	+45dBm (Pre Amp OFF -12dBm)	+22dBm (Pre Amp OFF)
			+44dBm (with 500Hz Roofing Filter)	+41dBm (Pre Amp OFF 0dBm)	
3	IMD DR3 20kHz離隔	110dB	112dB	98dB	104dB
	IMD DR3 2kHz離隔	110dB	101dB	88dB	80dB
4	MDS (BW: 500Hz)	-118dBm	-128dBm	-126dBm	-123dBm
	(Pre Amp ON)	-138dBm	-138dBm	-136/-142dBm	-136/-141dBm
5	Phase Noise 1kHz	-137dBc/Hz	-117dBc/Hz	-120dBc/Hz	-92dBc/Hz
	Phase Noise 10kHz	-149dBc/Hz	-140dBc/Hz	-135dBc/Hz	-133dBc/Hz
	Phase Noise 100kHz	-150dBc/Hz	-152dBc/Hz	-132dBc/Hz	-145dBc/Hz
6	ダイバーシティ	可	不可	不可	不可
	方向探知 及び ビーム方向可変	可	不可	不可	不可

SDRと既存フラグシップ機との比較 送信時

No.	項目	Apache Labs ANAN-200D	KENWOOD TS-990	YAESU FTDX5000	ICOM IC-7800
1	構成	DUC (Digital Up Conversion) 14bit DAC	DSP + トリプルアップコンバージョン	DSP + ダブルアップコンバージョン	DSP + ダブルアップコンバージョン
2	Digital Adaptive Predistortion による低歪(IMD)化	標準装備 リニア接続時可能	不可	不可	不可
3	IMD3 定格出力時	-48dB	-31~-39dB	-31dB -43dB Class A	-32dB
	IMD3 小出力時(0.5W)	-80dB	上記と略同等	上記と略同等	上記と略同等
4	Phase Noise 1kHz	-137dBc/Hz	-95dBc/Hz	-120dBc/Hz	-92dBc/Hz
	Phase Noise 10kHz	-149dBc/Hz	-123dBc/Hz	-135dBc/Hz	-132dBc/Hz
	Phase Noise 100kHz	-150dBc/Hz	-142dBc/Hz	-132dBc/Hz	-140dBc/Hz

ARRL及び59誌2014年5月号より

SDRトランシーバの比較



ANAN-200D



SunSDR-MB1



FLEX-6700

SDRトランシーバ比較 受信時

No.	項目	Apache Labs ANAN-200D	Expert Electronics SunSDR-MB1	FlexRadio Systems FLEX-6700
1	受信用ADC	16bit	16bit	16bit
2	SCU (Spectral Capture Units)	2 (位相同期) (Option: 3)	2	2
	Max Slice Receivers (使用ソフト等による)	7 (14: 開発予定)	2 (4: 開発中)	8
3	Full Duplex Mode	標準装備	開発中	開発未定
4	IP3 20kHz離隔	+45dBm (Pre Amp OFF)	+45dBm (Pre Amp OFF)	+45dBm (Pre Amp OFF)
	IP3 2kHz離隔	+45dBm (Pre Amp OFF)	+45dBm (Pre Amp OFF)	+45dBm (Pre Amp OFF)
5	IMD DR3 20kHz離隔	110dB	110dB	110dB
	IMD DR3 2kHz離隔	110dB	110dB	110dB
6	MDS (BW: 500Hz)	-118dBm (Mod -129dBm)	-125dBm	-121dBm
	(Pre Amp ON)	-138dBm (Mod -153dBm)	-132dBm	-141dBm
7	Phase Noise 1kHz	-137dBc/Hz	-124dBc/Hz	-130dBc/Hz
	Phase Noise 10kHz	-149dBc/Hz	-136dBc/Hz	-147dBc/Hz
	Phase Noise 100kHz	-150dBc/Hz	-134dBc/Hz	-152dBc/Hz

[Mod RX](#) [Mod PA](#)

59誌2014年8月号より(MDS訂正)

最小識別信号MDSと周囲雑音

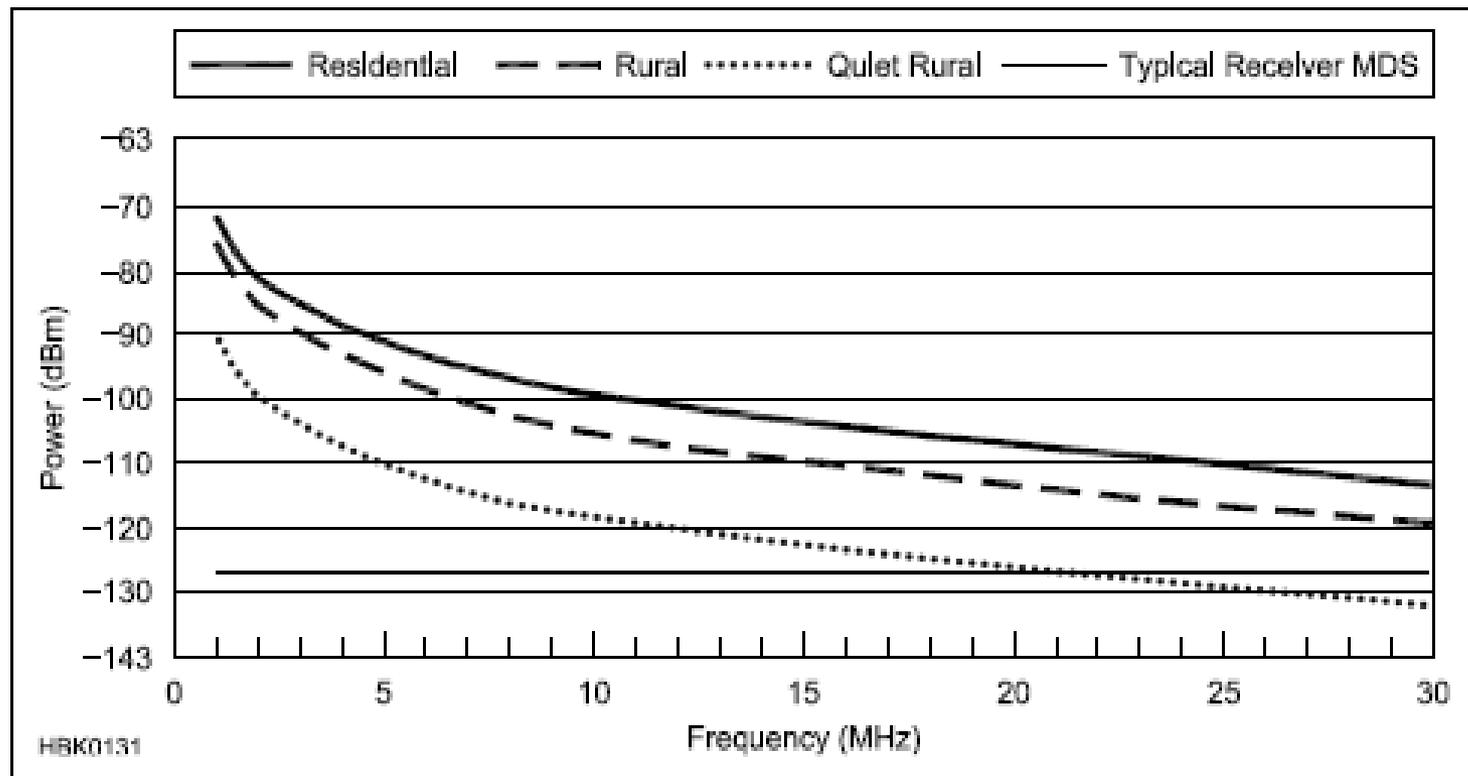
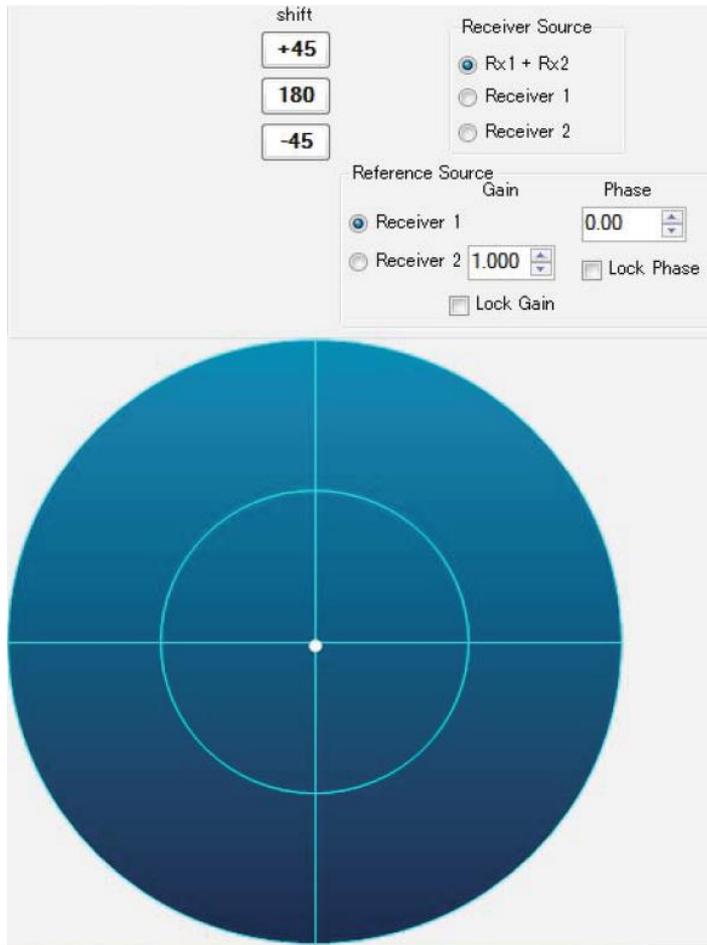


Fig 19.37 — Typical noise levels versus frequency for various environments.
(Man-made noise in a 500-Hz bandwidth, from Rec. ITU-R P.372.7, *Radio Noise*)

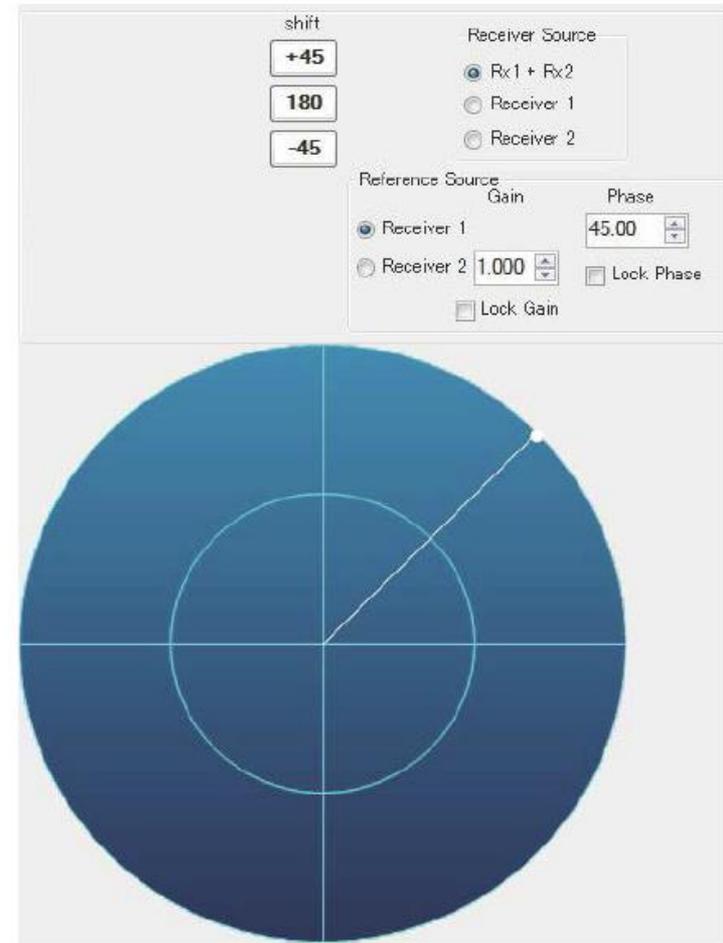
(ARRLハンドブックより)

- ・周囲雑音レベルのQuiet Ruralを基準として、MDSを検討します。

ダイバーシティ及びビーム方向可変受信 ANAN-200D及びANAN-100D



ダイバーシティ受信時



ビーム方向可変受信時

SDRトランシーバ比較 送信時

[Flex Road Map](#)

No.	項目	Apache Labs ANAN-200D	Expert Electronics SunSDR-MB1	FlexRadio Systems FLEX-6700
1	送信用DAC	14bit	14bit	16bit
2	DAPD (Digital Adaptive Predistortion)	標準装備 (リニア接続時可能)	開発中	開発未定
3	IMD3 定格出力時	-48dB	-30dB	-30dB
	IMD3 小出力時(0.5W)	-80dB	上記と略同等	上記と略同等
4	Phase Noise 1kHz	-137dBc/Hz	-124dBc/Hz	-130dBc/Hz
	Phase Noise 10kHz	-149dBc/Hz	-136dBc/Hz	-146dBc/Hz
	Phase Noise 100kHz	-150dBc/Hz	-134dBc/Hz	-152dBc/Hz
5	CW Rise Time (Ramp)	5ms	7ms(Default Value)	開発未定
	CW Fall Time		Max.25ms/1ms step	

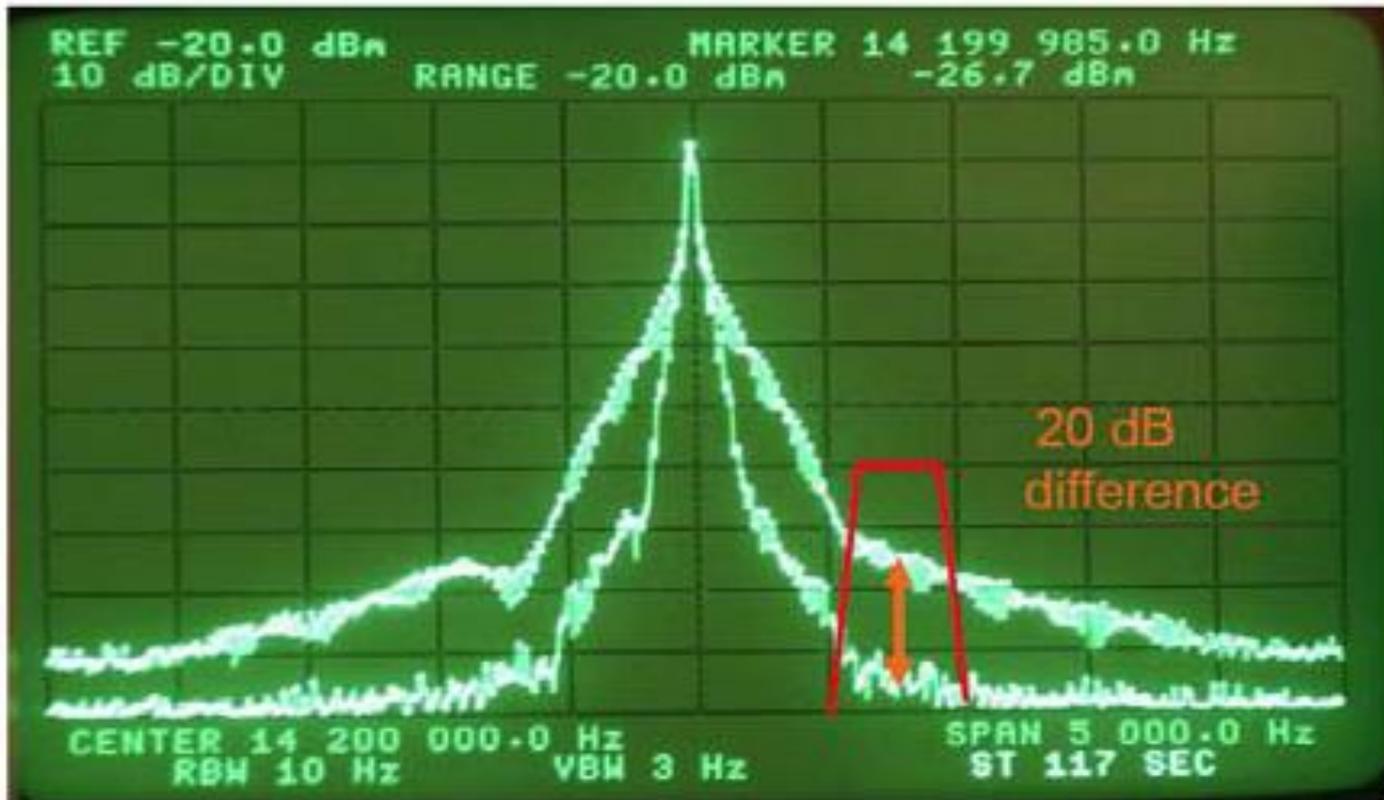
5ms(Default Value)
Max.25ms/1ms step
* ANAN-10,100 &
100D

59誌2014年8月号より

1.8~2.0MHz開放時対応⇒ DAPD

ロランAは、1997年に廃止されたが?
(1.75~1.95MHz)

CW送信時の立上り時間による 送信信号の帯域幅



-70dB帯域幅
3ms: 1.5kHz
10ms: 900Hz

立上り時間3msと10msの比較
送信速度: 短点30WPM(150字/分)

CTU2013 NC0Bより

ANAN-100DのCW送信時の帯域幅

Figure 19: Keying sidebands at 60 wpm, 5 ms ramp, 14.1 MHz, 50W.

ANAN-100D, UE4N6A. CW keying sidebands, 14.1 MHz, 60 wpm, 6.0.2013.

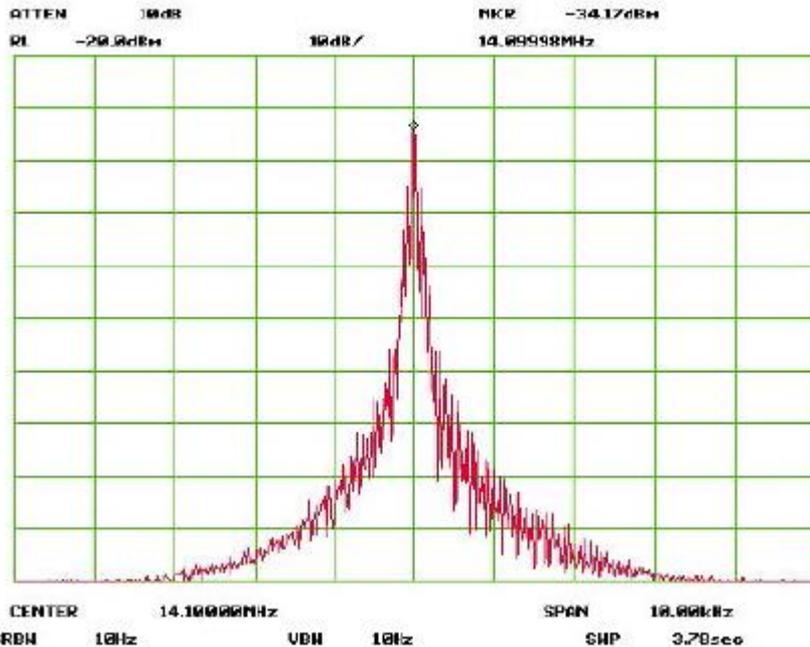
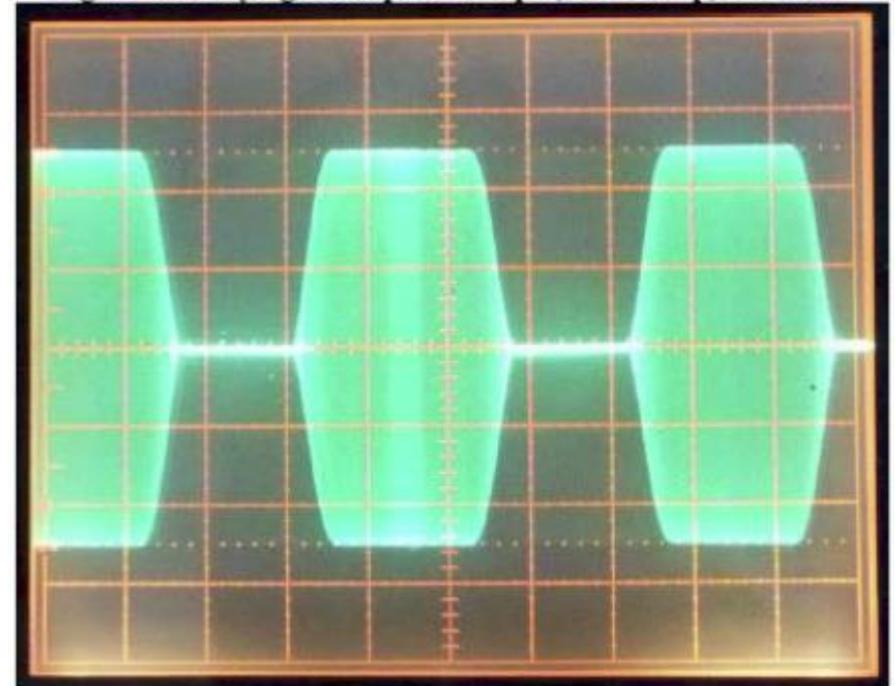


Figure 20: Keying envelope at 60 wpm, 5 ms ramp, 10ms/div.



送信速度: 短点60WPM (300字/分)

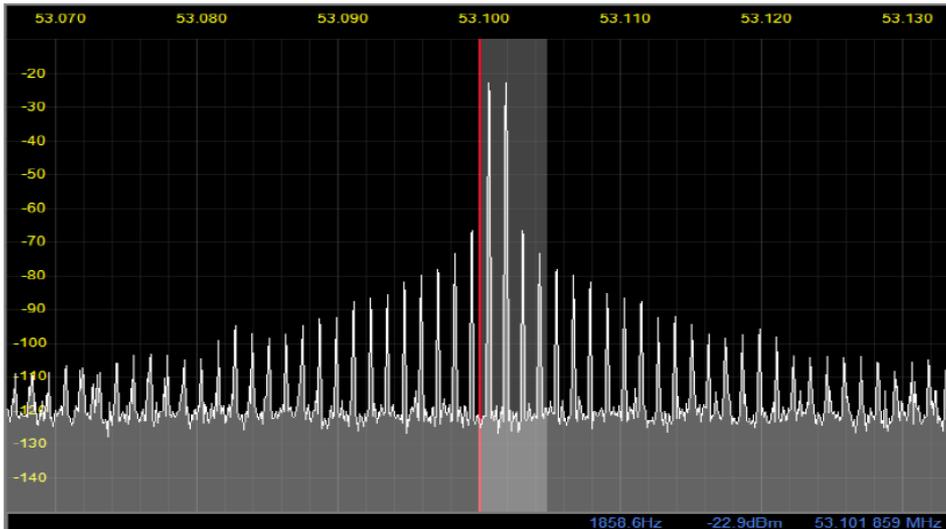
-70dB帯域幅: 1.8kHz

立上り時間及び立下り時間: 5ms

V070J/AB40Jより

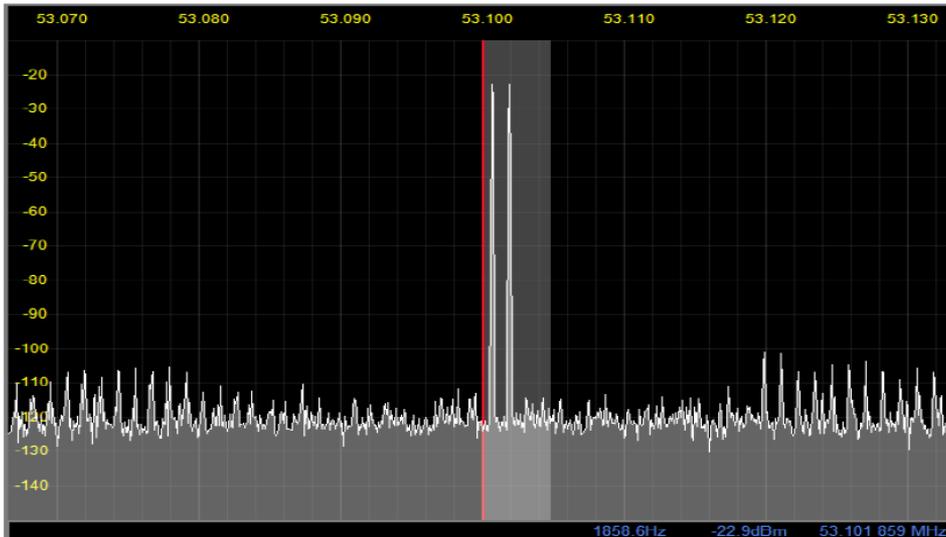
DAPDによるIMDの改善例1

Uncorrected



6m帯 エキサイタ部
2トーン出カスペクトラム
DAPD動作前
IMD3: -46dBc (-52dB)
IMD5: -53dBc (-59dB)

Corrected

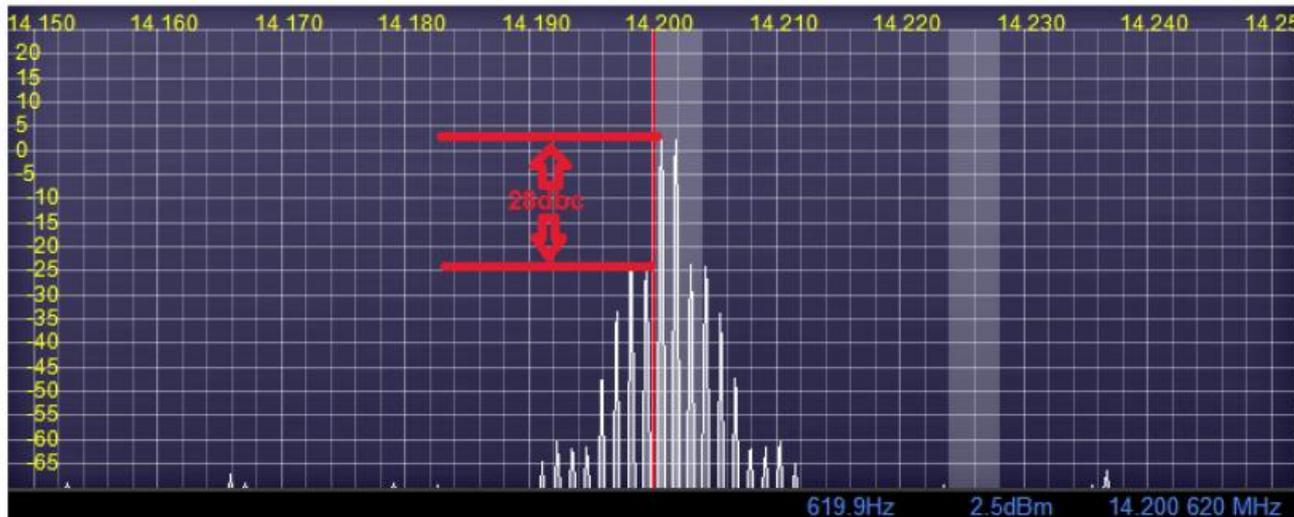


6m帯 エキサイタ部
2トーン出カスペクトラム
DAPD動作中
IMD3: $<-80\text{dBc}$ (-86dB)
IMD5: $<-80\text{dBc}$ (-86dB)
Sample Rate: 48kHz
Correction BW: 40kHz $\pm 20\text{kHz}$

NR0Vより

DAPDによるIMDの改善例2

ANAN-100D 100 watt IMD3 without OpenHPSDR PowerSDR Pure-Signal Pre-distortion adjustment



20m帯 定格出力100W
2トーン出カスペクトラム
DAPD動作前
IMD3: -28dBc (-34dB)

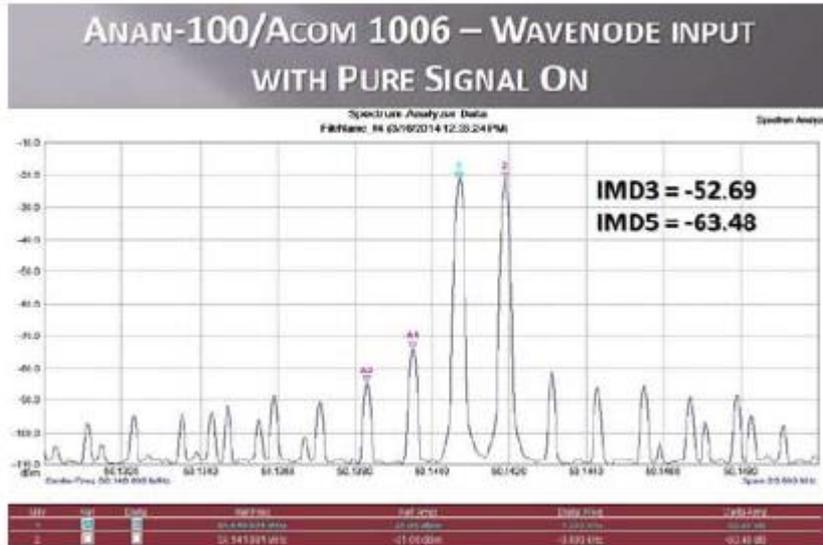
ANAN-100D 100 watt IMD3 after OpenHPSDR PowerSDR Pure-Signal Predistortion adjustment



20m帯 定格出力100W
2トーン出カスペクトラム
DAPD動作中
IMD3: -54dBc (-60dB)

KC9XGより

DAPDによるIMDの改善例3



6m帯 出力1kW
2トーン出カスペクトラム
DAPD動作中
リニアAcom 1006 + ANAN-100D
IMD3: -59dB
IMD5: -69dB

N1JEZより

- ・TAPRのDAPDの今後の課題: Sample Rate 192kHzによる補正BWを186kHz化
±93kHz化による高次IMDの改善、その他

DAPD採用により、より効果的な各種機器例 (Hi-Fi SSB向き)

- ・マイク: Sure [KSM353/ED](#) リボンマイク
- ・マイク・ケーブル: Analysis Plus [Pro Oval Studio](#)
- ・プリアンプ: Focusrite [ISA430MK II](#) (48kHz/24bit)
- ・Loudness Correction Processor: TC Electronic [DB2](#) (48kHz/24bit)
- ・ワードクロック: Audio Design [SyncroGenius HD PRO](#) (48kHz)
- ・セシウム周波数標準器: [HP5071A](#) (5MHz/10MHz)

SDR用USBインターフェース



同調ダイヤル、周波数表示、
Sレベル表示、その他設定
WoodBoxRadio社製Tmate2



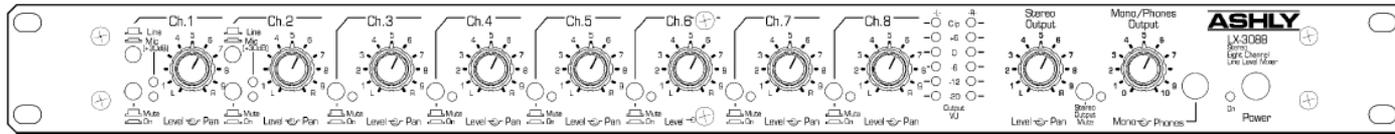
オーディオ・インターフェース
遅延時間:<1ms Latency:0ms
24bit/48kHzで使用、8CH
M-AUDIO社製M-TRACK EIGHT
(または、M-TRACK QUAD (4CH))



オーディオ・インターフェース
遅延時間:<2.5ms Latency:1.4ms
24bit/48kHzで使用、18 In & 20 Out
Focusrite社製 Scarlett 18i20

受信時に重要なオーディオ出力系について

- 特にスピーカー(SP)を使用して受信する場合に、内蔵のPA(電力増幅器)及び SPでは、能力不足が多い現状(ヘッドルームは、20dB以上必要)
- 受信機がスーパープロ([BC779](#))の時代では、真空管6F6(6V6相当)P-PのPA内蔵 (9W 迄の出力時の歪が 1%未満)



Mixer
16CH (8CH x2)
Ashly LX-308B



AF_PA
50W x2
Sony SRP-P50



SP セリフ用 50W
Bose VCS-10
(5.7cm Full Range x4)

SDR制御用パソコンについて

- 推奨システム構成
- OS: Windows 7(64bit)、又はWindows 8(64bit)
- CPU: Intel Core i7 4コア8スレッド 2.4GHz以上
4870HQ、4790シリーズ、又はそれ以上
- RAM: 16GB
- SSD: 200GB以上 (OS及びその他のソフト専用が望ましい)
(但し、信頼性からインテル製、又は東芝製が望ましい)
- HDD: 500GB以上 (データ類ファイル用)
- GPU: Radeon HD5750, HD6750, HD7750クラス、又はそれ以上
(HD * 750シリーズは、ファン無しの通風空冷バージョンがあります)
(LCDを2台以上表示する場合は、必須です)

Q & A
(質疑応答)