

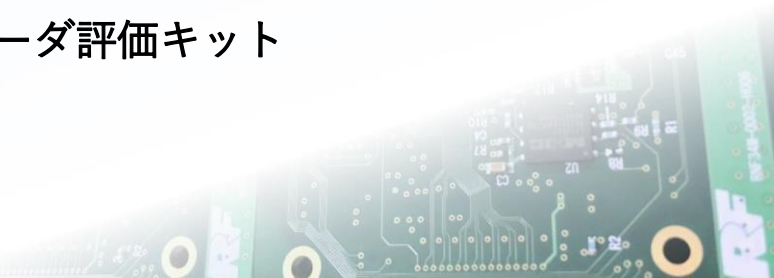
マイクロ波・ミリ波を使ったレーダー 方位探知と角度分解能の追究

A series of approximately 10 thin, horizontal, light gray lines of varying lengths, stacked vertically on the left side of the slide.

ピーティーエム株式会社 営業部



- 方位探知と角度分解能について
- 到来角推定高分解能化の事例
- 24GHz POC による要素確認
 - 理論値仕様一覧
 - 目標仕様とセットアップ
 - イメージング処理実証試験結果
- 77GHz/79GHz 各種ミリ波レーダ評価キット
 - 79GHz STD V1.1 / IWR1443 搭載評価キット
 - 79GHz STD V2.0 / IWR1843 開発プラットフォーム
 - 79GHz STD V2.1 / IWR1843 搭載製品設計
 - 79GHz Cascade Radar Block-Dia
 - 79GHz Multi-Chip Cascade Radar
- 79GHz 2CAS EVM V2
 - Antenna Layout Plan
- 79GHz 2CAS EVM V3
 - Antenna Layout Plan
 - 理論値仕様一覧
 - 外観写真
 - イメージング処理実証試験結果
- 2D HiRes Hi-Gain 48 MIMO 【参考】
 - Antenna Layout
 - 理論値仕様一覧
 - イメージング処理実証試験結果
- マイクロ波・ミリ波レーダ評価キット
- 会社案内





方位探知と角度分解能について

弊社ではMIMOレーダによるイメージング処理の実装について取り組んでいます。

物理現象をデータとして取得し本質的な計測処理によって実証的な性能評価環境を提供します。

製品設計、計測ソリューションへの実装、製品設計から生産まで一貫してのサポートを提案します。

本セミナーでは方位角探知や角度分解能についての検証についてご案内致します。





推定法	適用範囲	基本原理	主な計算
Interferometer	単一波	干渉計	方向サーチ
Beamformer	多重波	ビーム走査	方向サーチ
LP	多重波	ヌル走査	方向サーチ
MUSIC	多重波	ヌル走査	固有値展開, 方向サーチ
ESPRIT	多重波	多次元干渉計	固有値展開

出典： アンリツテクニカル No.17 Apr 1999

干渉型の社会実装事例

位相モノパルスによる車載後方レーダ(BSD) <https://youtu.be/EailVvbuAqU>

人流・動線センサー(映像レスソリューション) <https://youtu.be/EM3kjre79Wo>





24GHz POC による要素確認

検証に使用したハードウェア

BGT24 Demokit V2.0

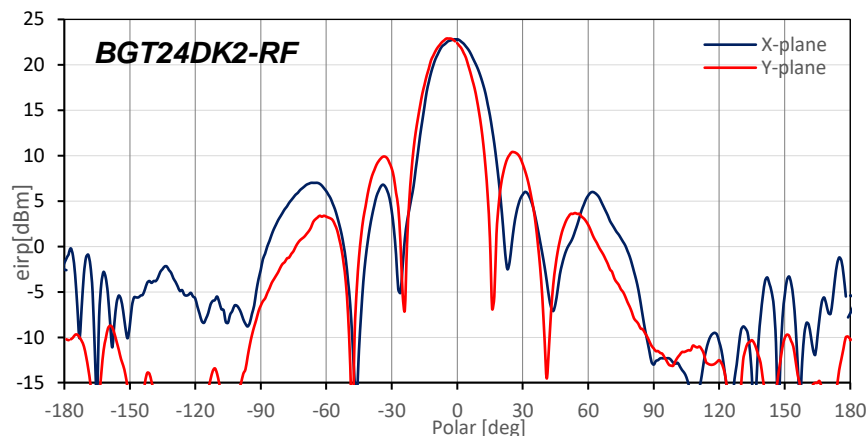


特徴： 高精度測距・高利得アンテナ実装型 1次元レーダ

パラメータ	仕様
周波数	24.05 ~ 24.25 GHz ¹⁾
変調帯域幅	180 MHz (max) ¹⁾
出力電力	+25 dBm (typ) EIRP ¹⁾
アンテナタイプ	Tx : 4x4 Patch Rx : 4x4 Patch
アンテナ半値角	Azimuth : 20 deg (typ) Elevation : 20 deg (typ)
測定距離範囲	0.1m ~ 25m (typ) ²⁾
距離測定精度	+/- 5cm (typ)
測定インターバル	10msec (Stand alone mode) 50msec (GUI mode)
モジュールサイズ	W110 x D55 x H28 [mm]
インターフェイス	mini USB

1): 技術基準適合証明取得済み (Telec)

2): RCS 30dBsm



Half Power Beam Width HPBW

X-plane	21	degree	22 degree max
Y-plane	19	degree	20 degree max

Antenna Gain	18.0	dBi	17.5 dBi min
---------------------	-------------	------------	---------------------



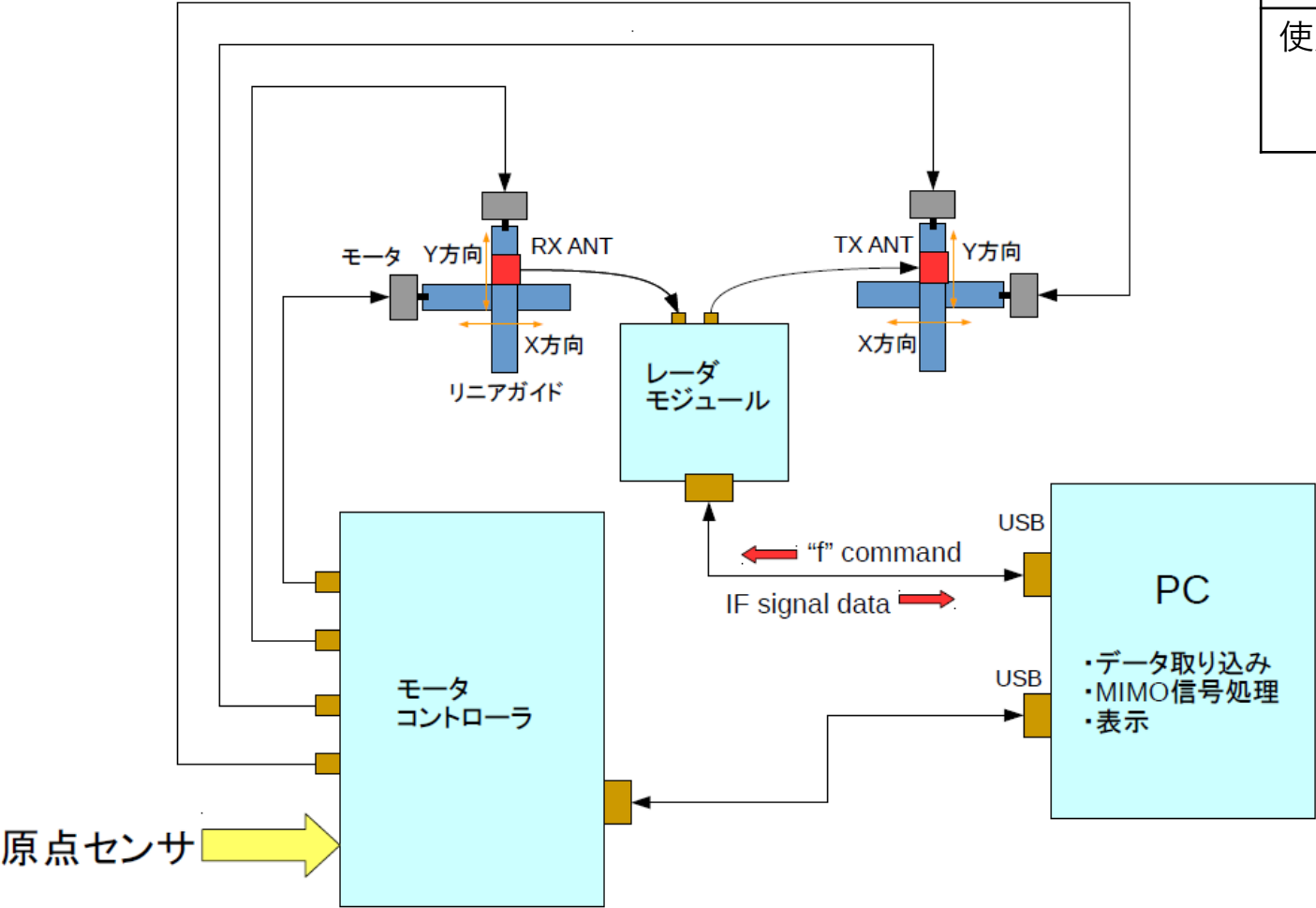
2016年 インフィニオン テクノロジーズ ジャパン 株式会社との共同開発

BGT24 Demokit V2.0製品概要より





システム・セットアップ概要



レーダモジュール	BGT24 demokit V2.0
走査方式	アクチュエータによるメカスキャン
使用周波数	24GHz帯 占有帯域幅 200MHz 以下 特定小電力無線機(技適取得済み)



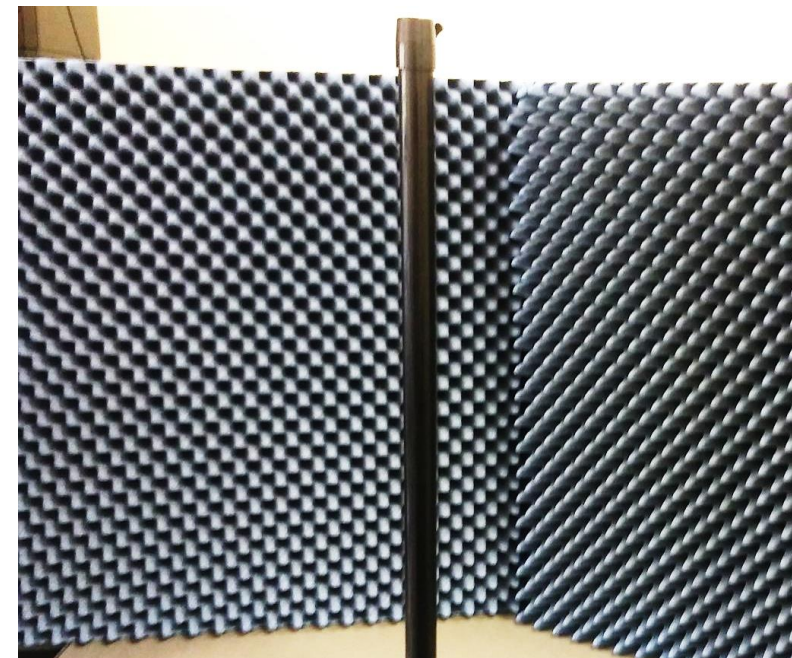
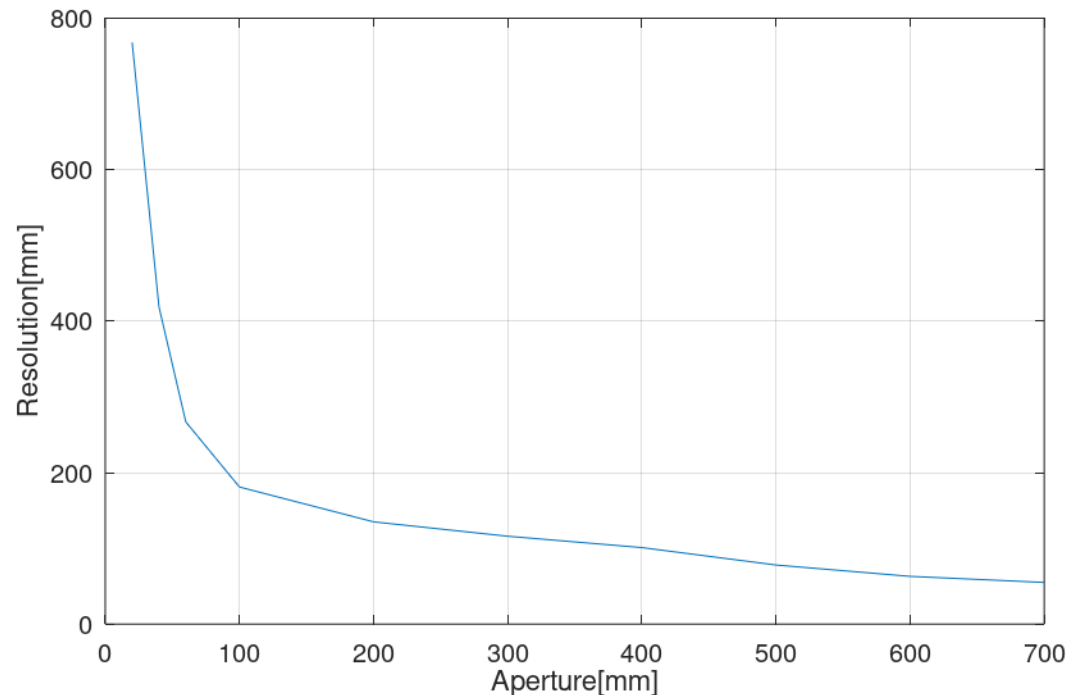


24GHz POC による要素確認（理論値仕様一覧）

	パラメータ	記号	値	単位	Memo.
仕様	出力	Po	0.01	[W]	
	中心周波数	fo	24.15	[GHz]	
	波長	λ	12.414	[mm]	
	帯域幅	fw	200	[MHz]	電波法により最大250MHzまで規定。スプリアス考慮して200MHzとする。
	光速	c	3E+08	[m/s]	
アンテナ 設計値	受信アンテナ開口長	Drxa	400	[mm]	正方形一辺の長さ
	アンテナ数	Nxa	8		配列 8×1
	アンテナピッチ(*λ)	0.5	6.207	[mm]	
データ 処理 設計値	IF信号サンプリング点数	Ndat	256	[Points]	
	FFT長	Nfft	1024	[Points]	
	アジマス方向計測点数	Naz	256	[Points]	
距離 方向 (Calc.)	検知可能距離	Rmax	95.9	[m]	RCSに依存、理論限界値
	距離方向分離分解能	Rreso	0.749	[m]	FFT時に窓関数を掛けた場合は、2倍（1.5 [m]）
	距離測定分解能	Δr	187.4	[mm]	
角度 方向 (Calc.)	検知可能角度	θmax	90.0	[deg]	理論限界値（片方向の角度）
	視野角	FoV	180.0	[deg]	
	等距離角度分離分解能	θreso	1.8	[deg]	逆FFT時に窓関数を掛けた場合は、2倍（2 [°]）
	角度測定分解能	Δθ	0.1	[deg]	



24GHz POC による要素確認（目標仕様とセットアップ）



試験セットアップ(目標物 金属 ϕ 30mm円筒)

合成開口によるイメージング処理による開口長と解像度を評価した。

グラフで示唆されるように200mm以上の開口では解像度は4～10cm 程度となり70cmの開口では8cm程度が理論値として期待出来る。

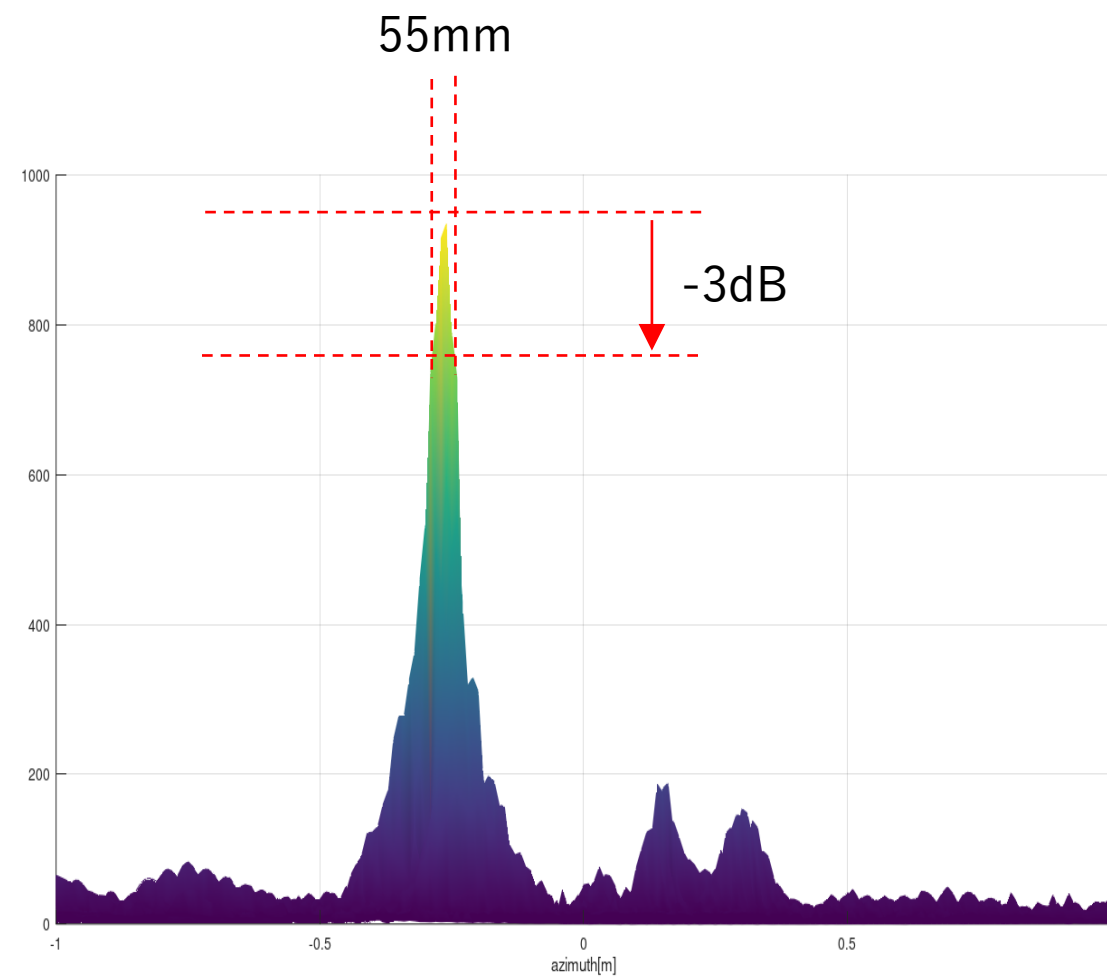
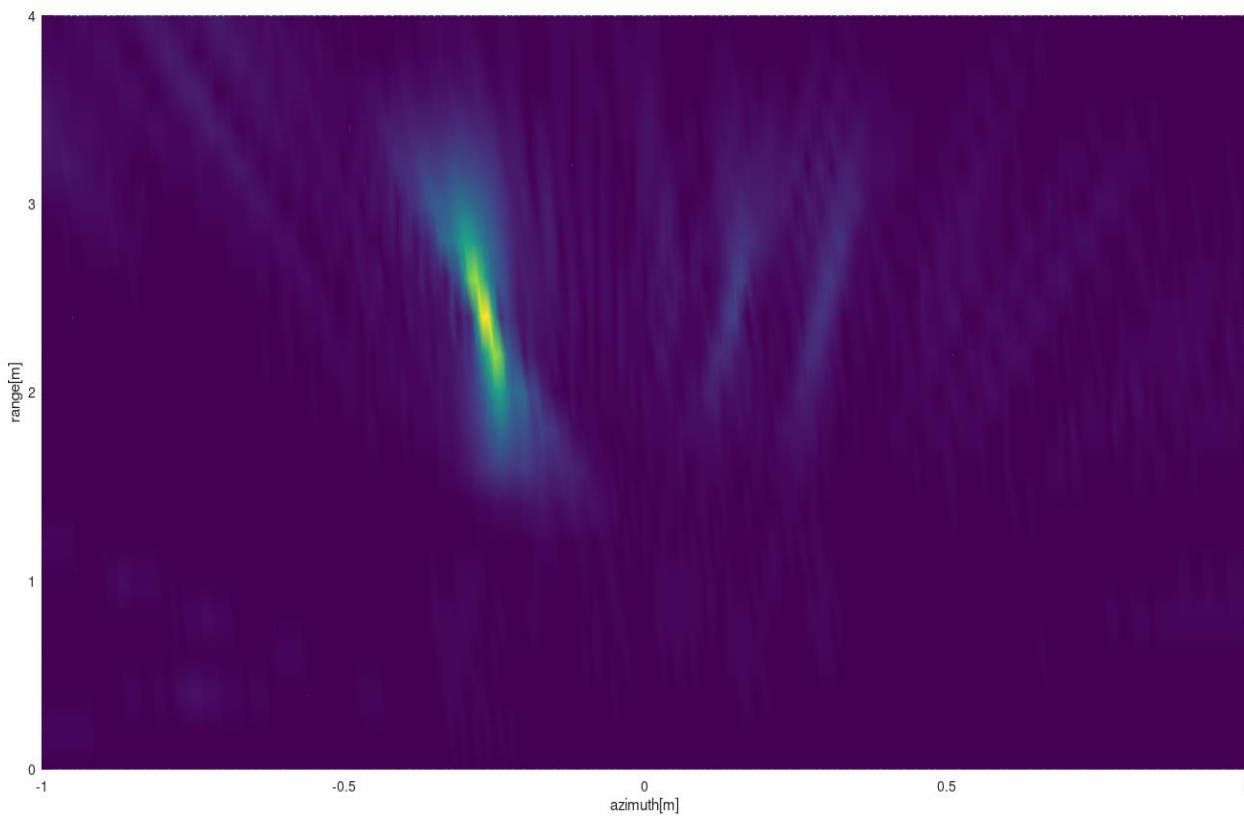
逆に50cm開口以上では劇的な改善は見込め無い。





24GHz POCイメージング

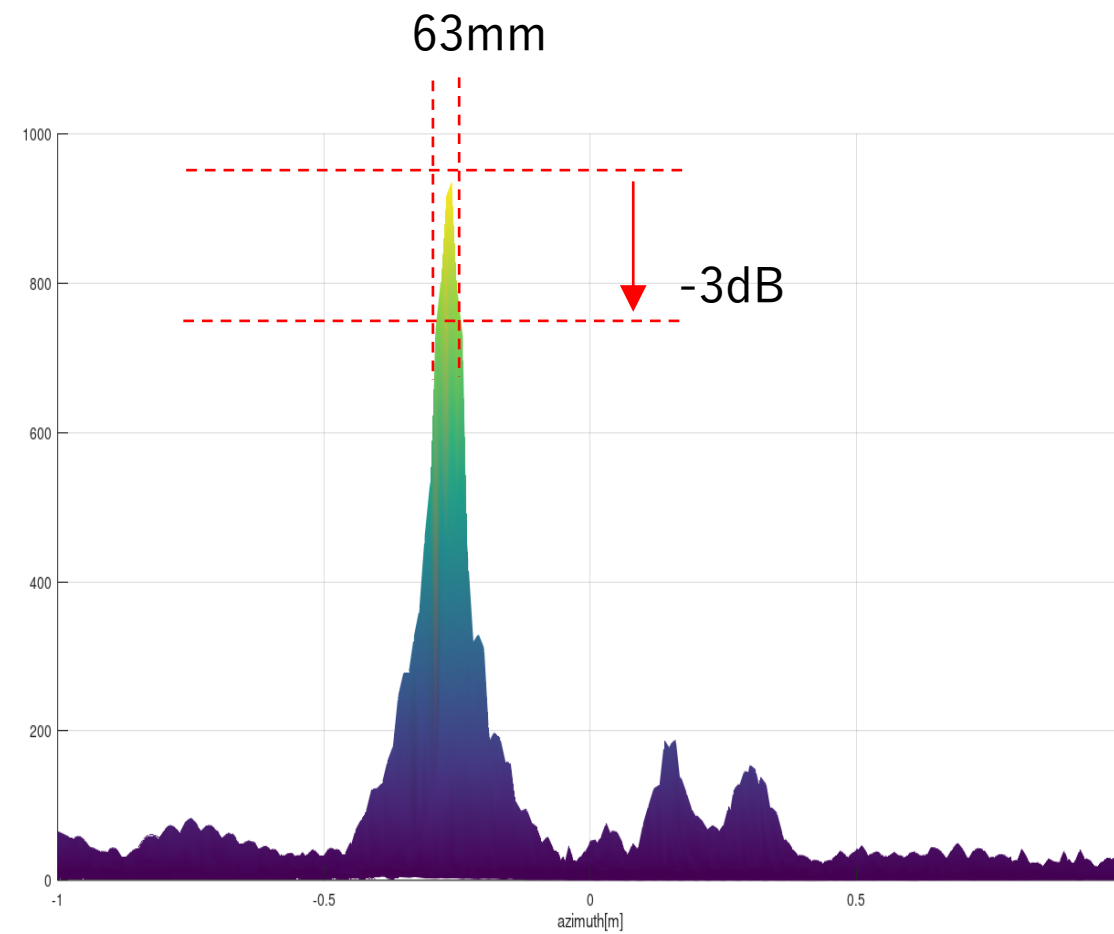
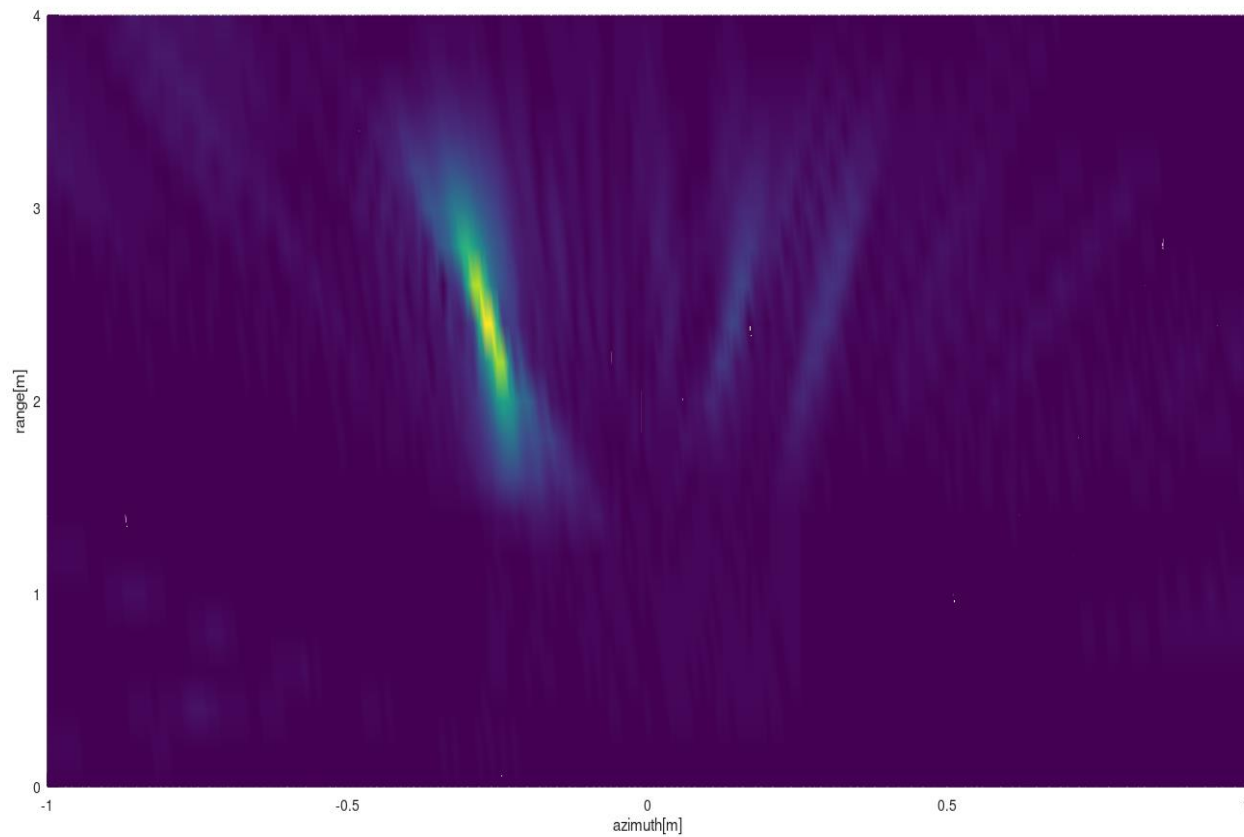
開口=700mm





24GHz POCイメージング

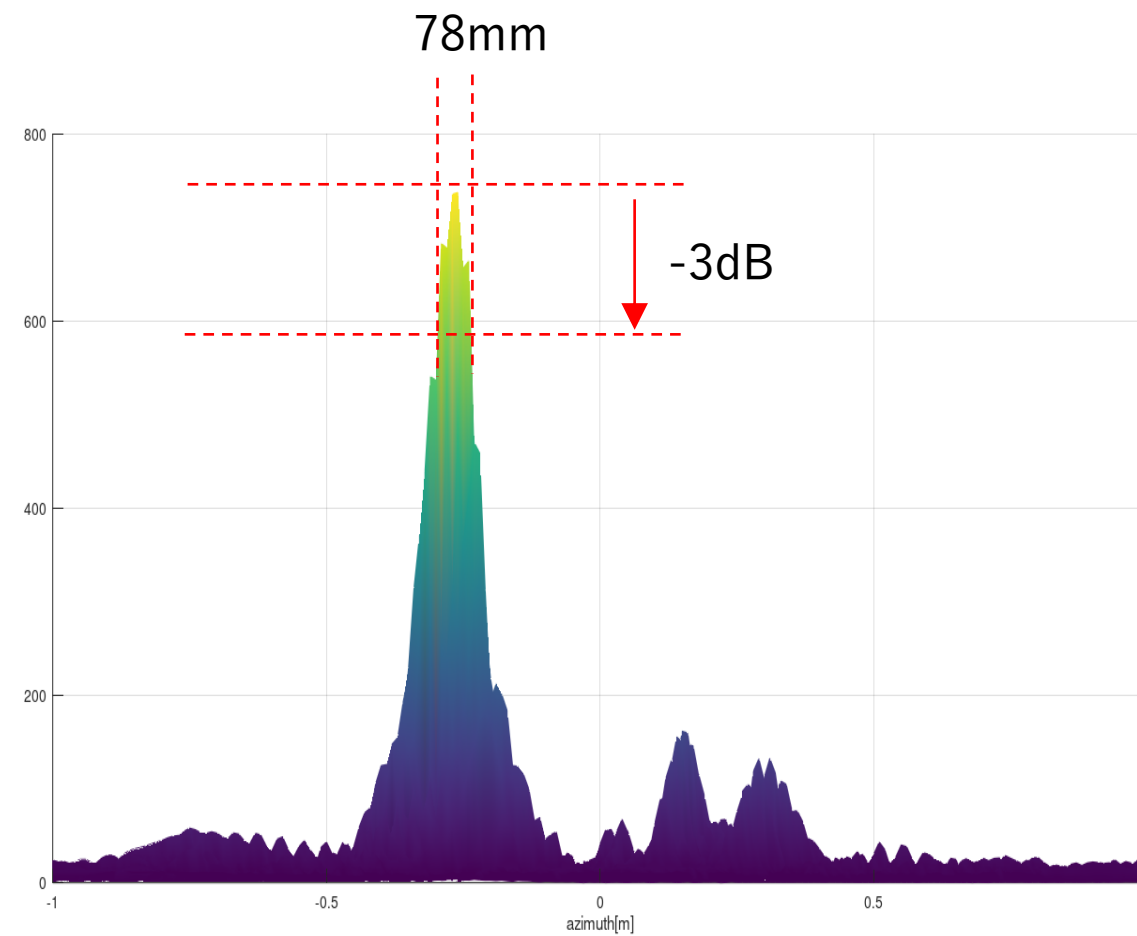
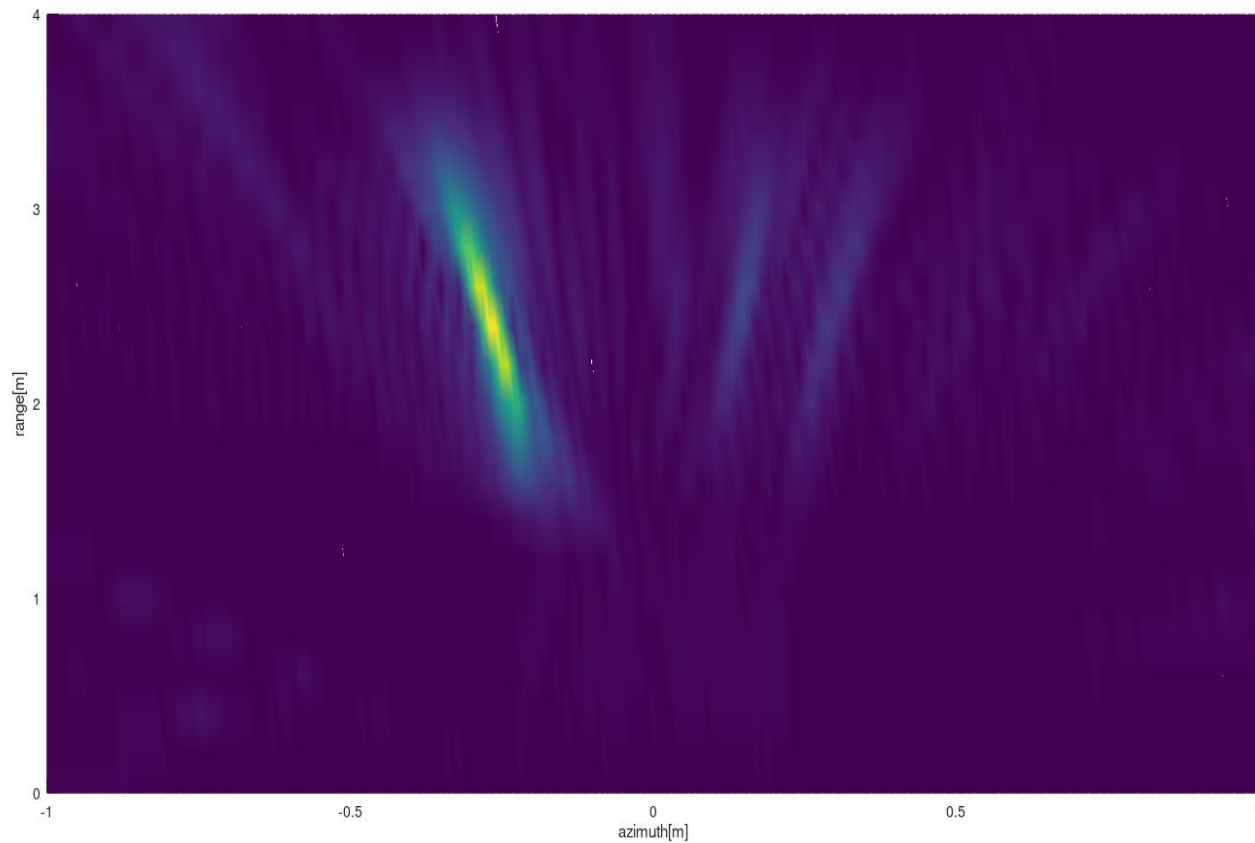
開口=600mm





24GHz POCイメージング

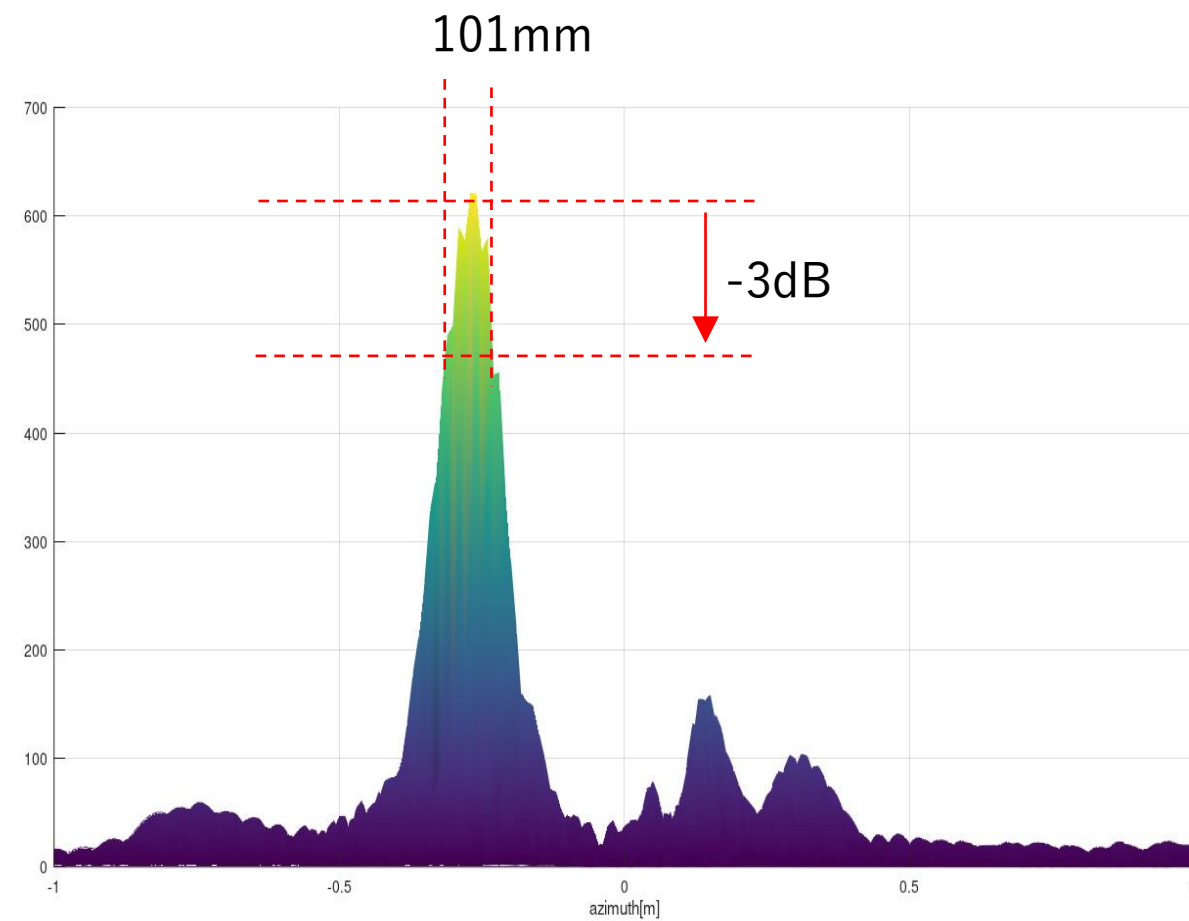
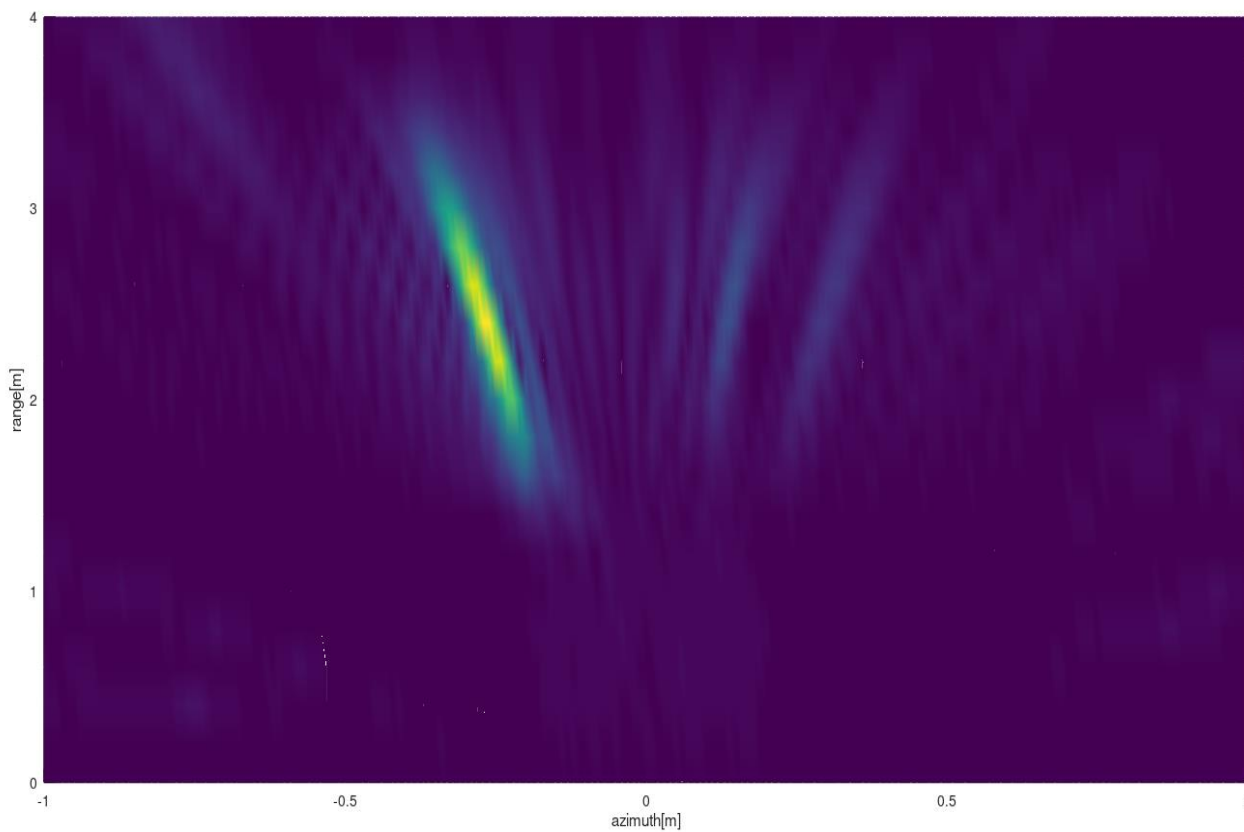
開口=500mm





24GHz POCイメージング

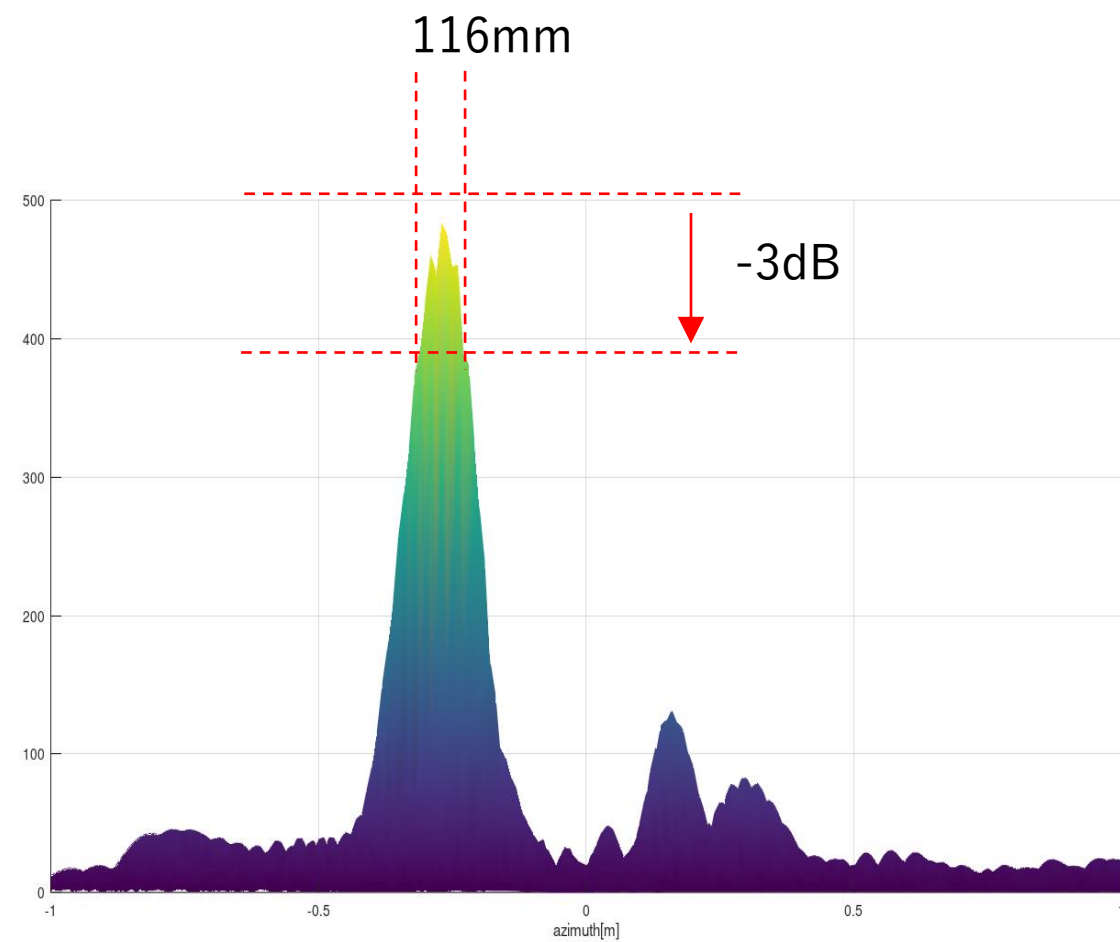
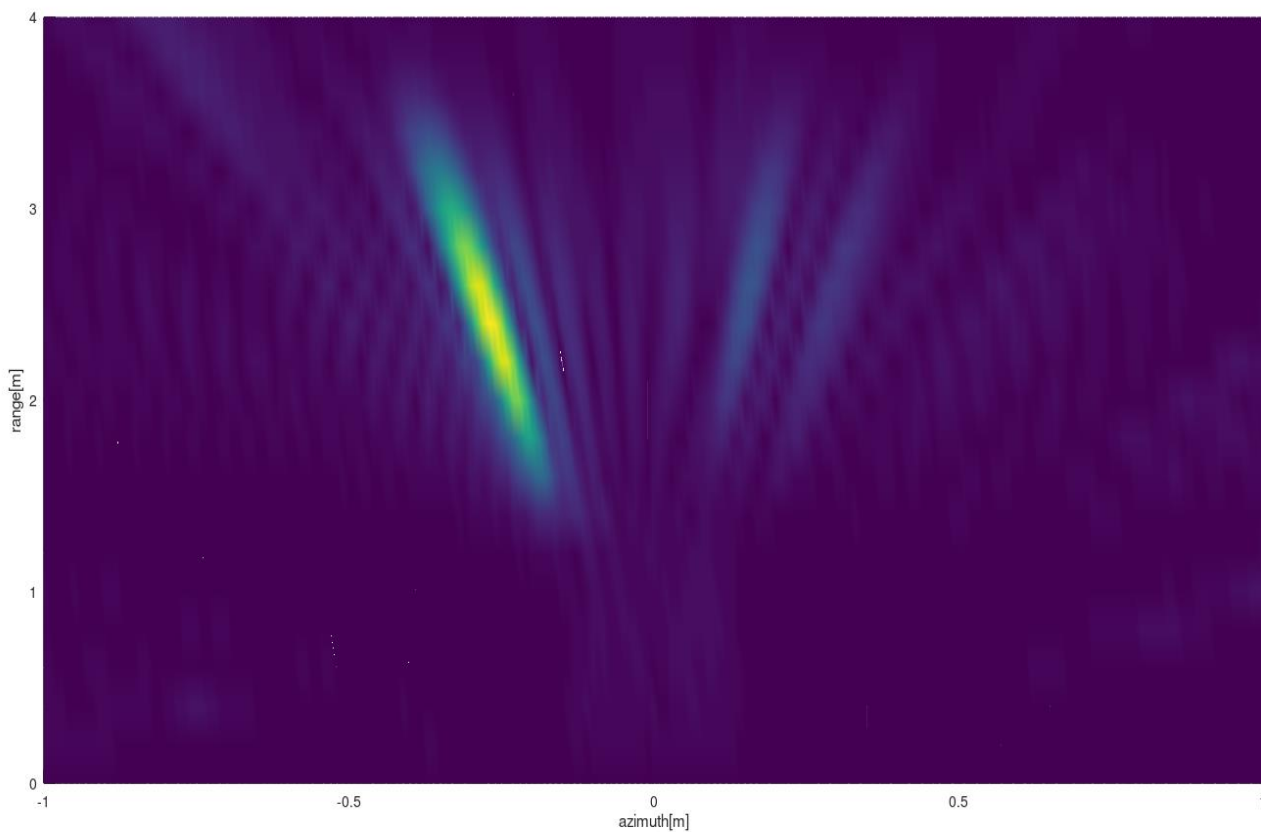
開口=400mm





24GHz POCイメージング

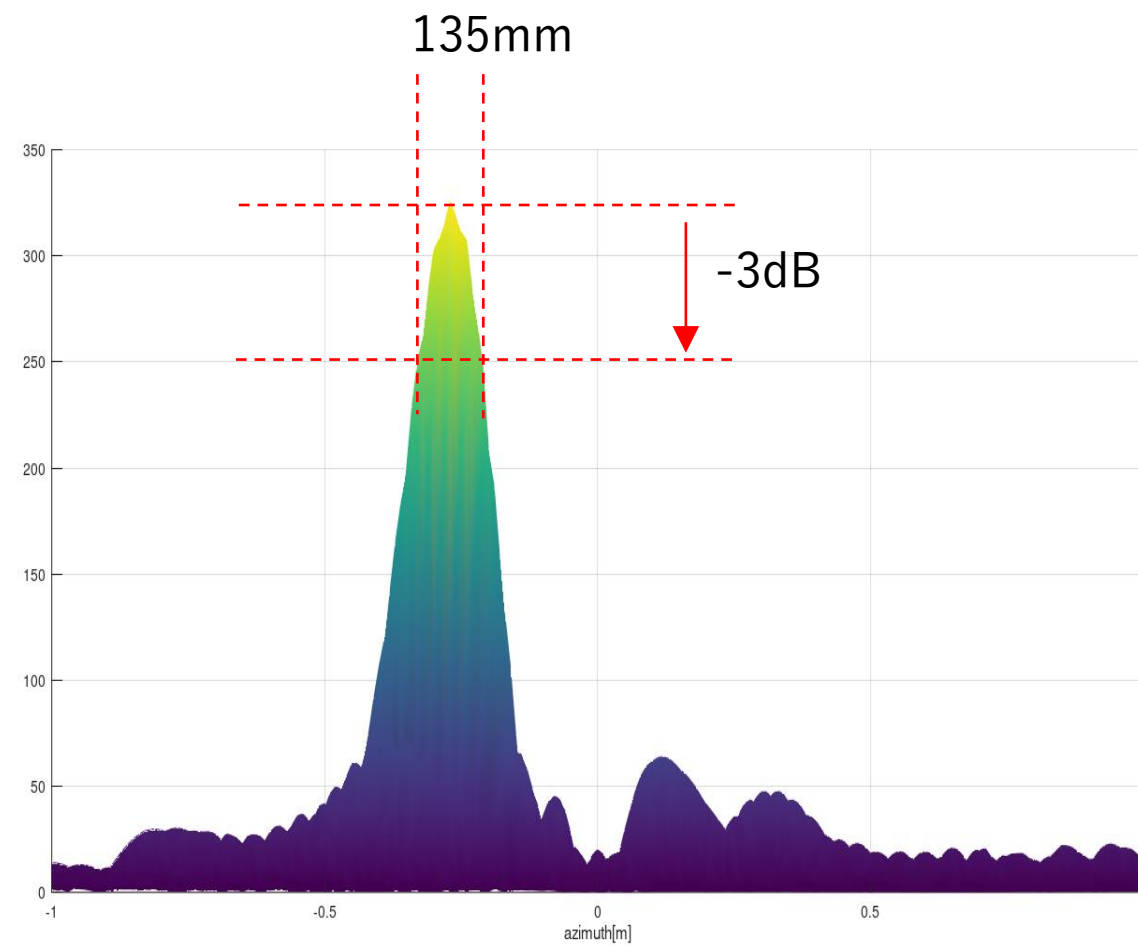
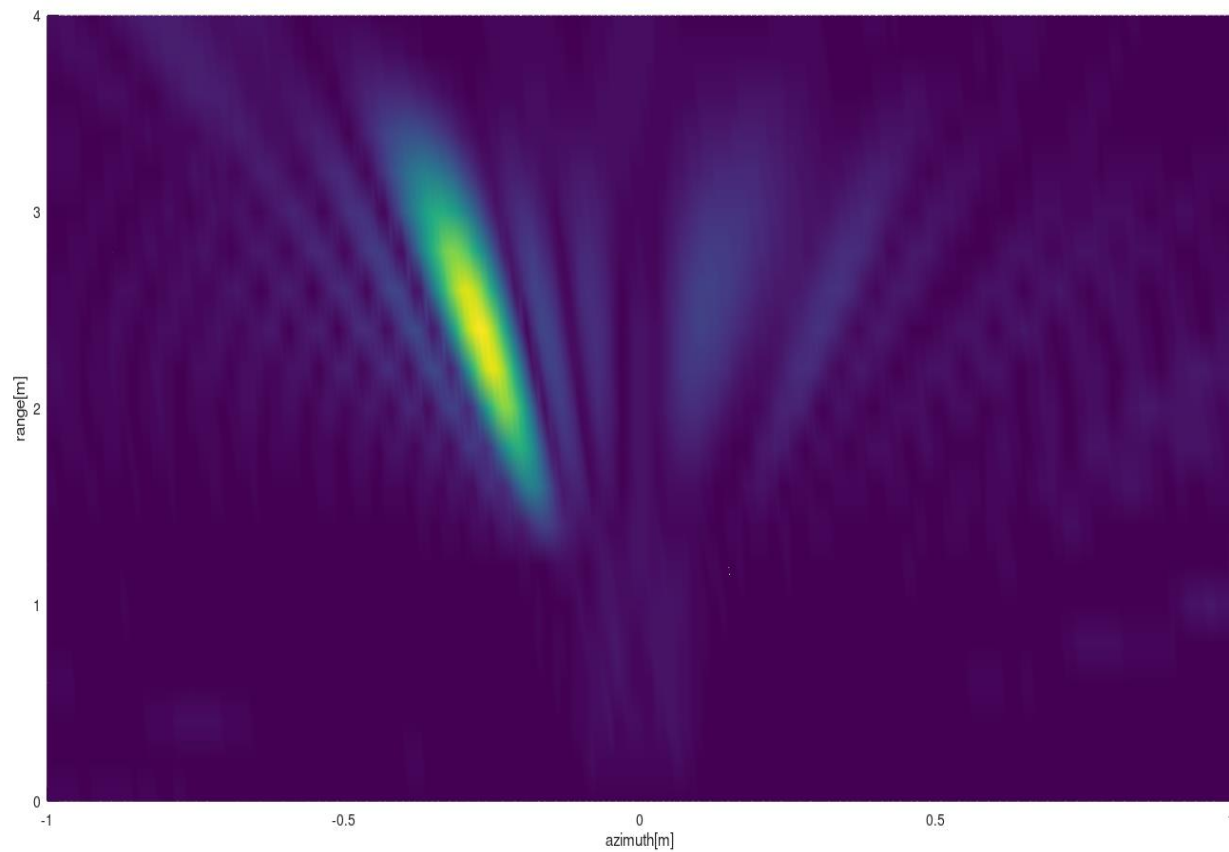
開口=300mm





24GHz POCイメージング

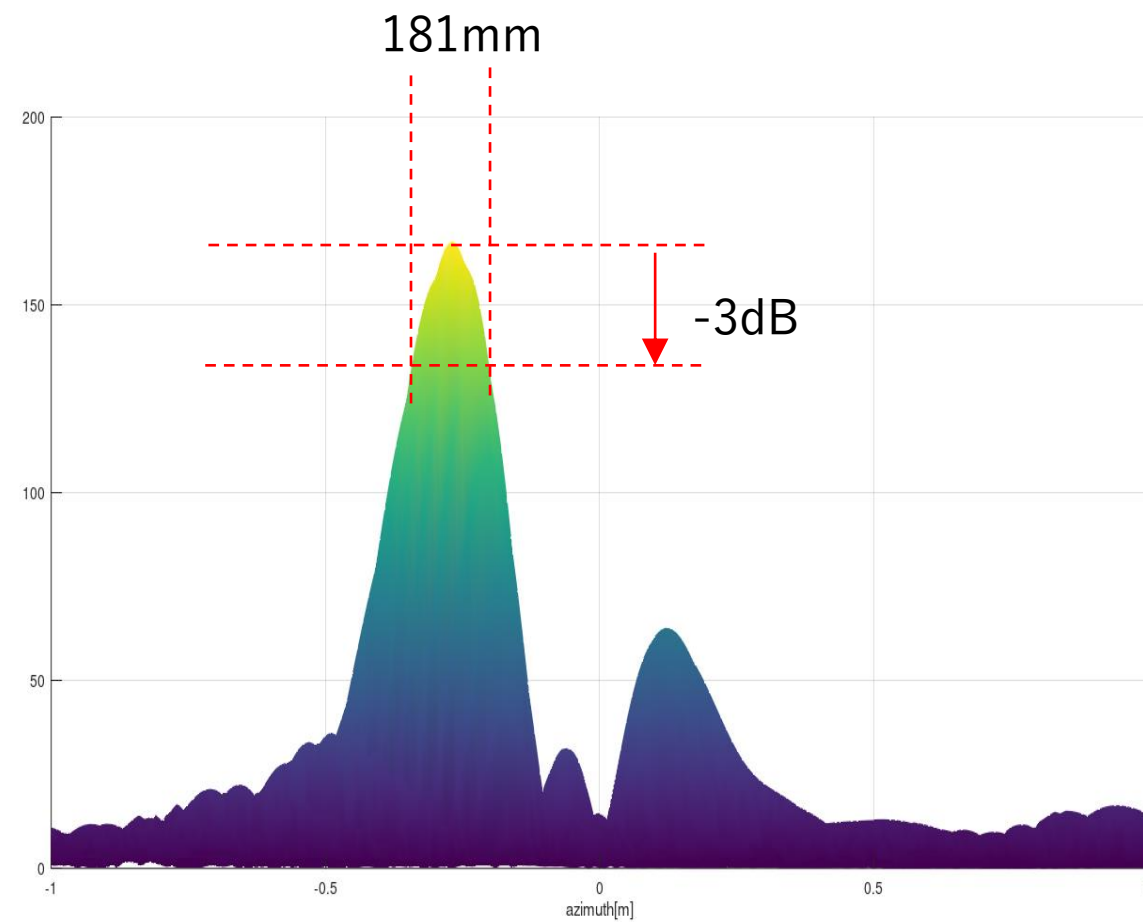
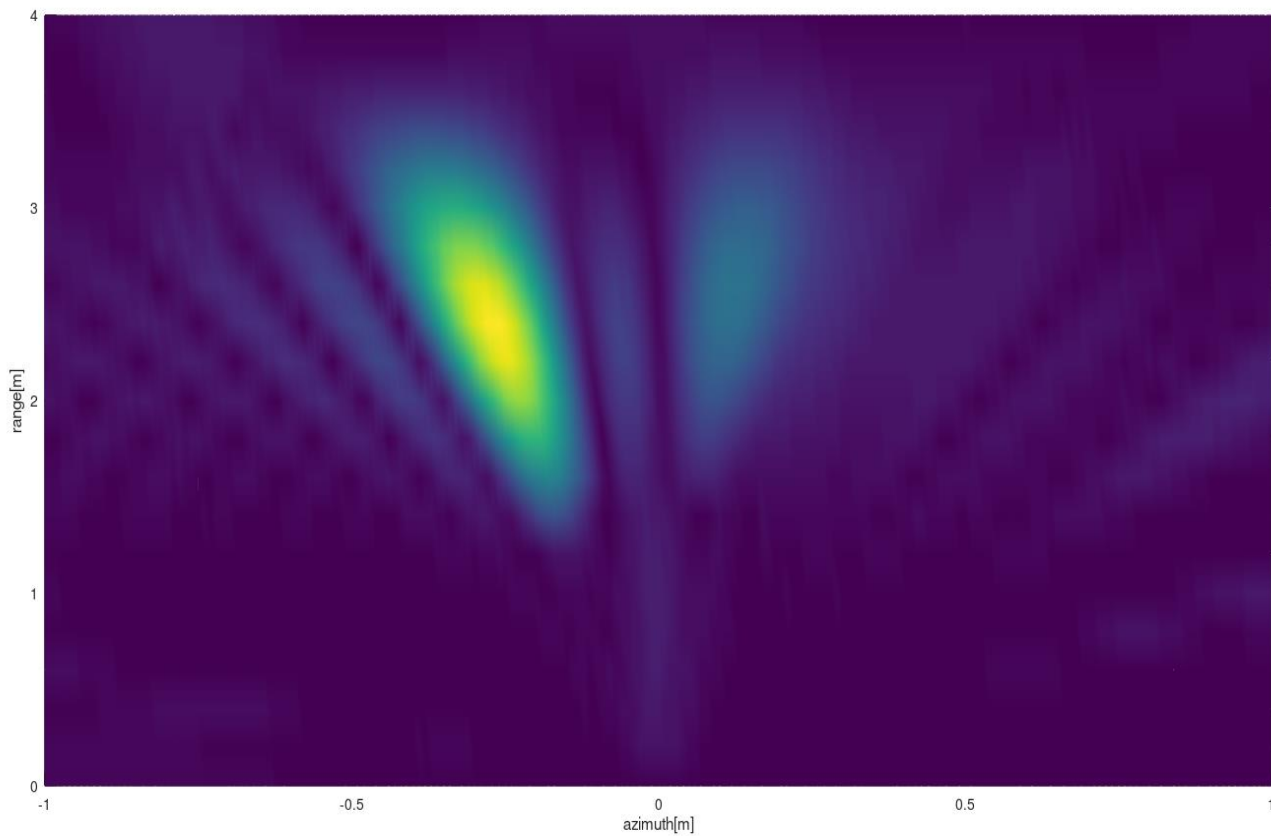
開口=200mm





24GHz POCイメージング

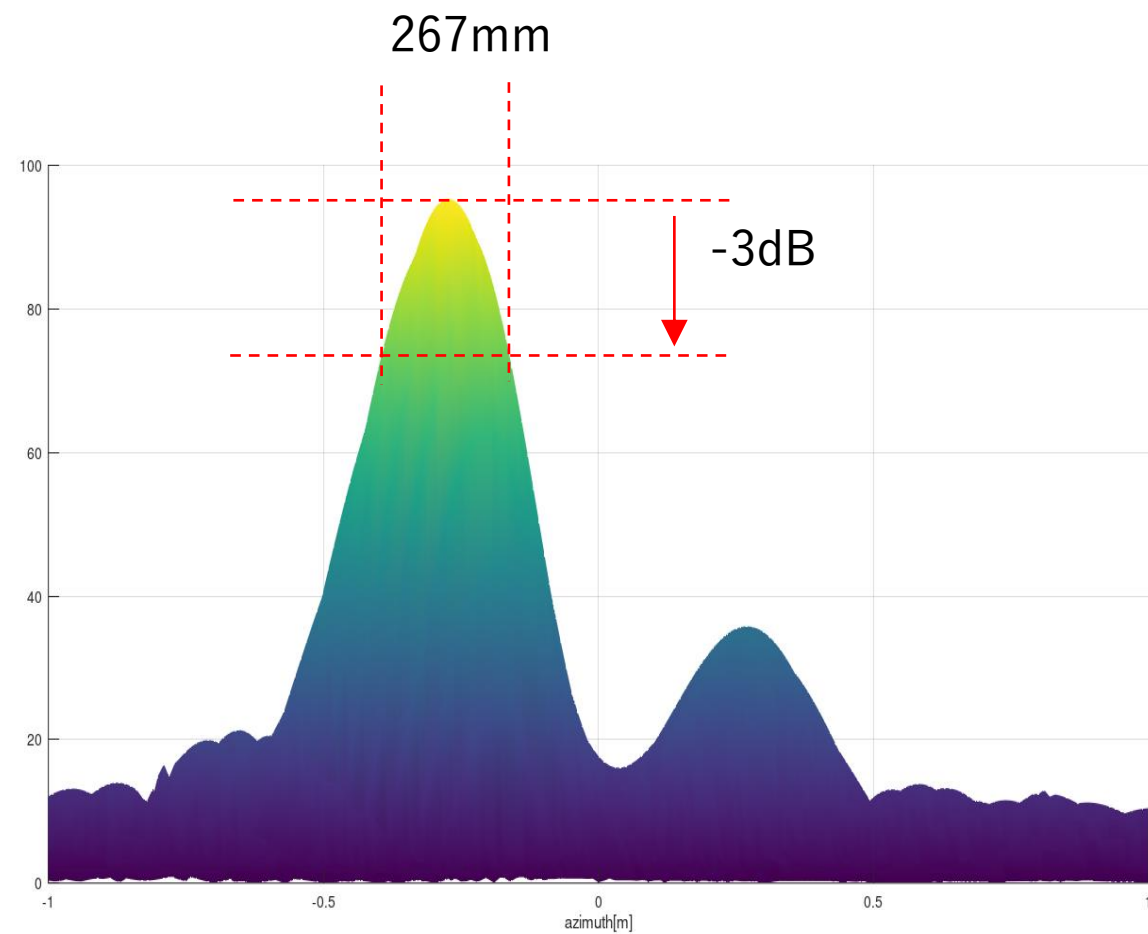
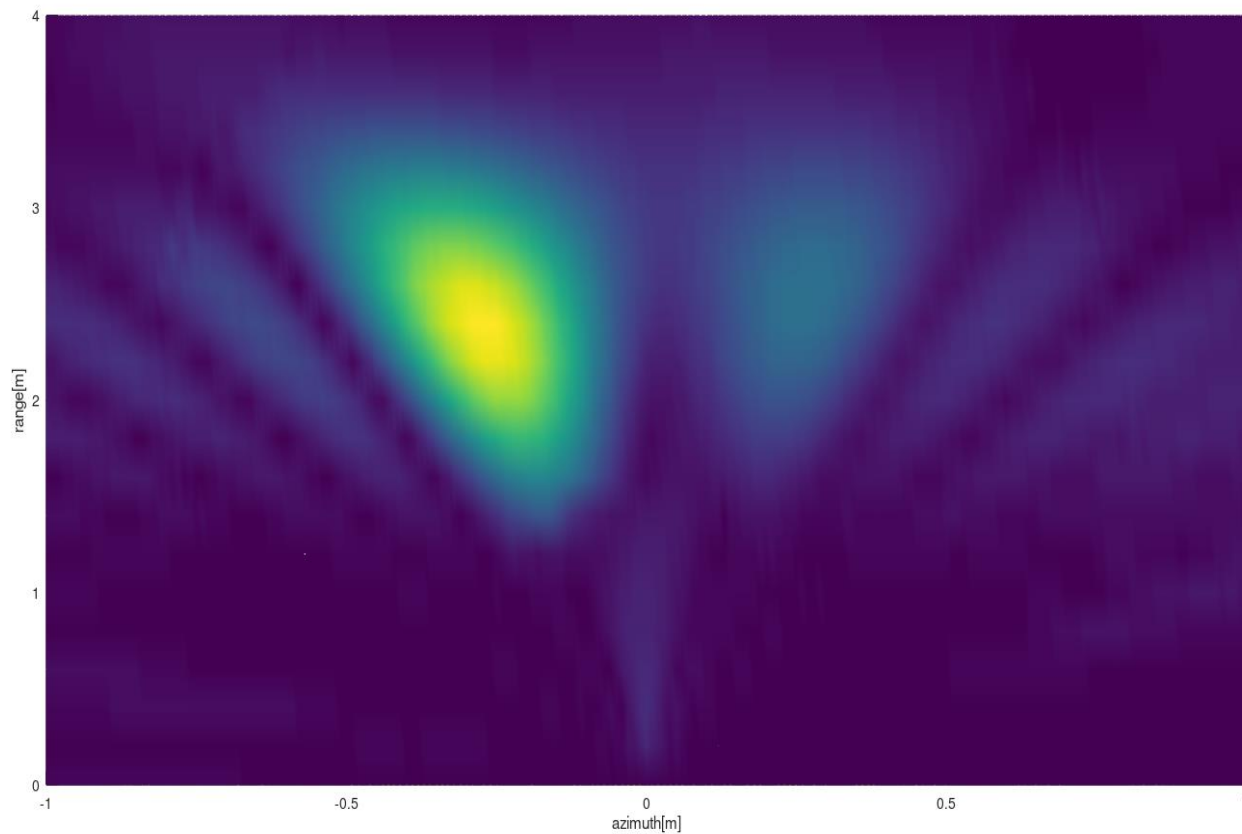
開口=100mm





24GHz POCイメージング

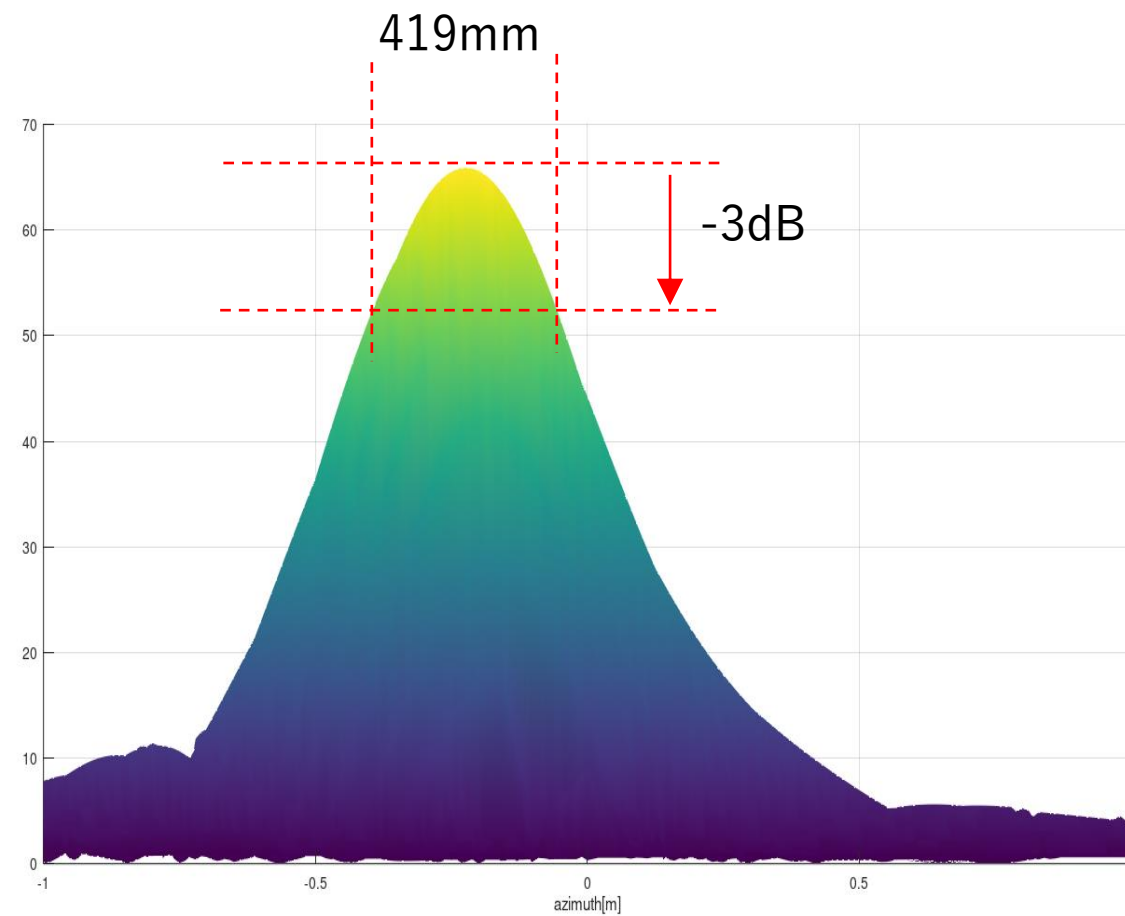
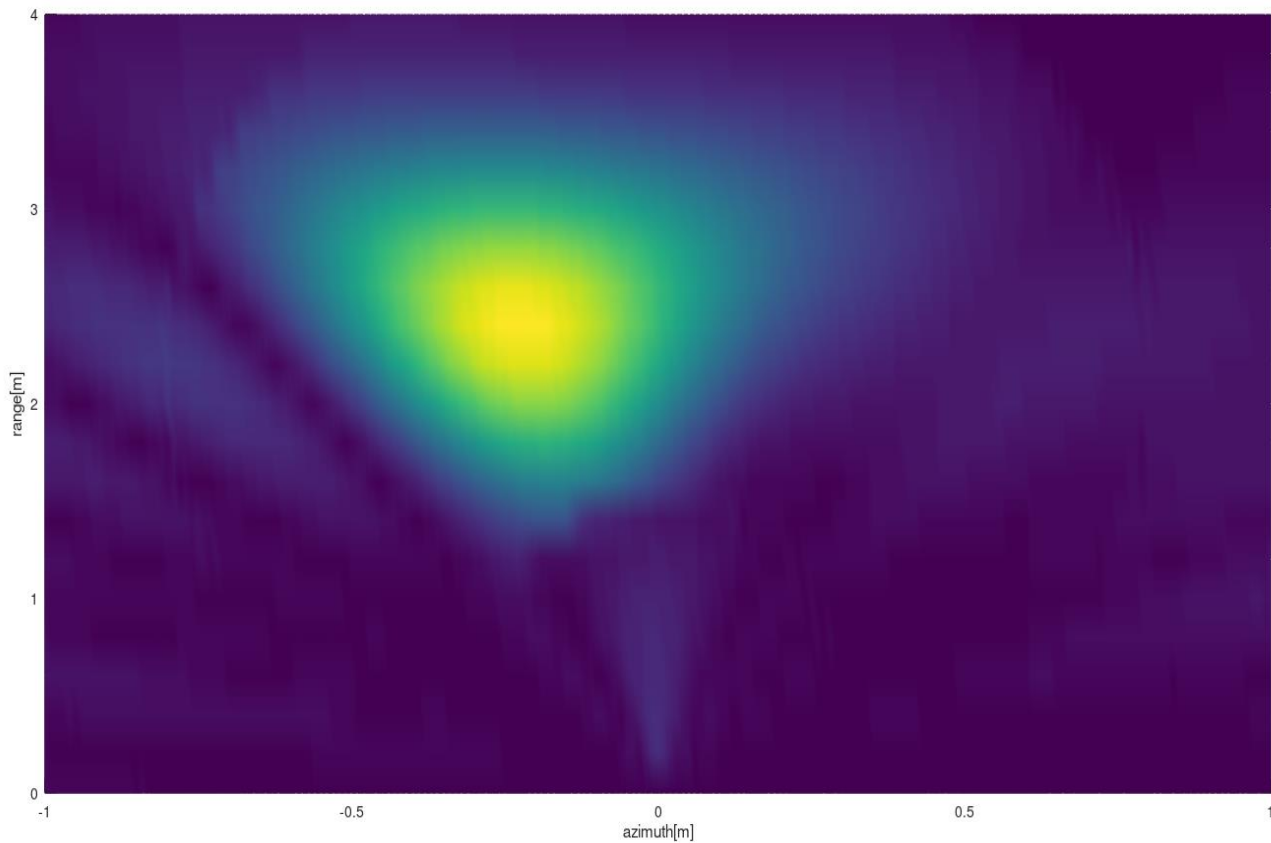
開口=60mm





24GHz POCイメージング

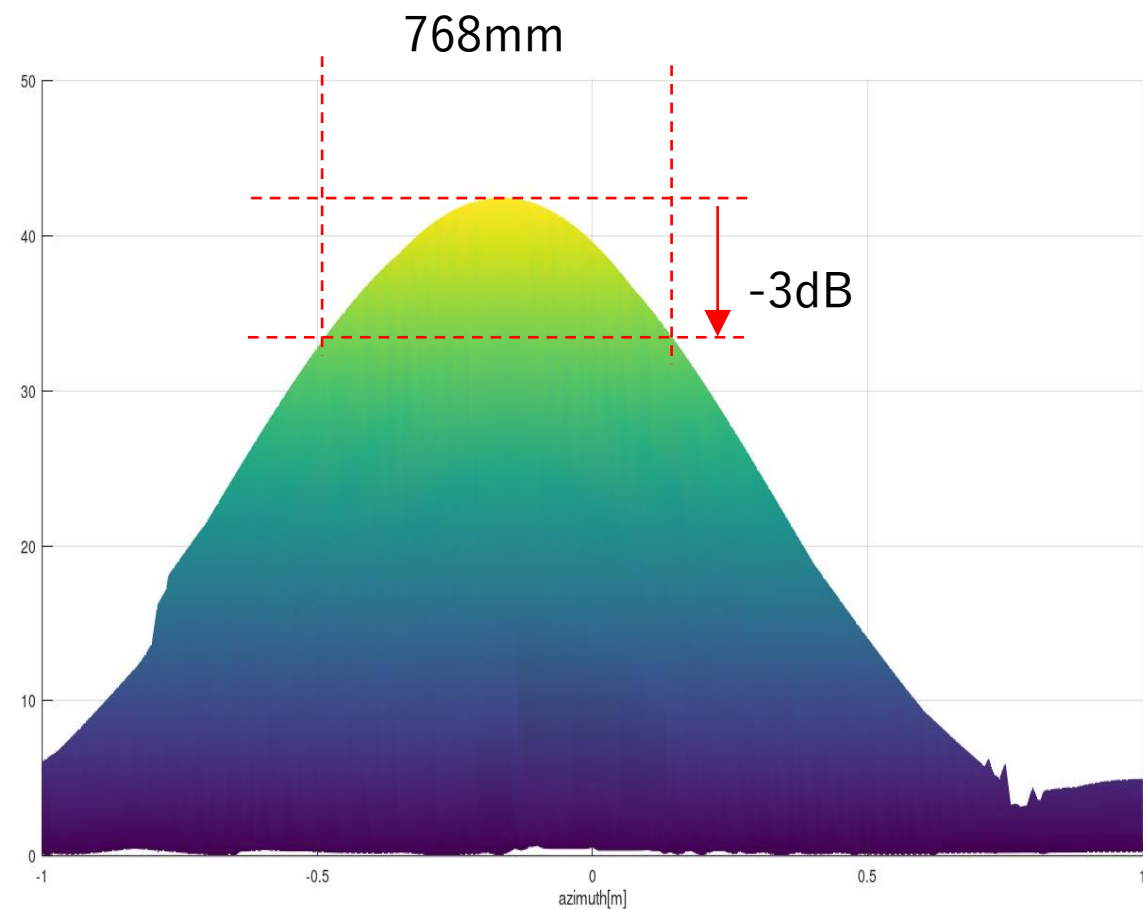
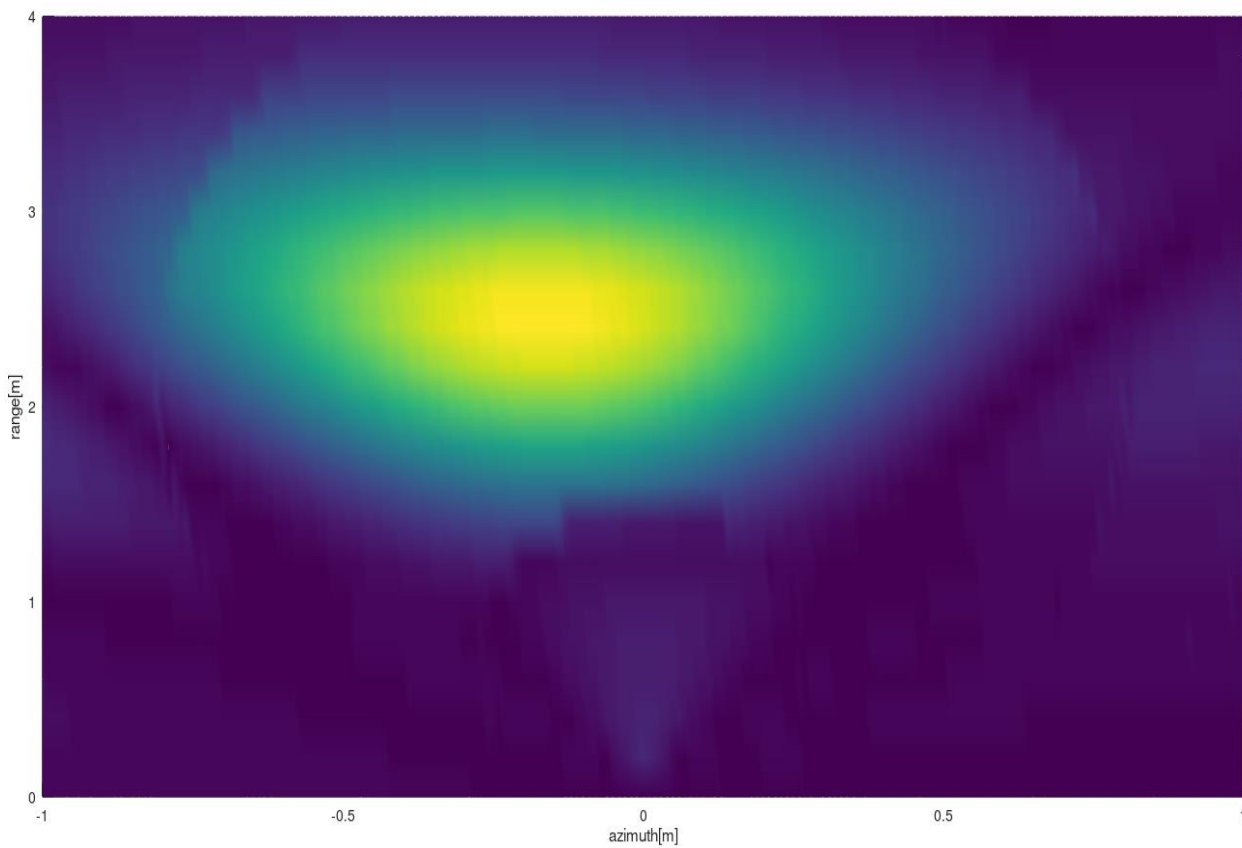
開口=40mm





24GHz POCイメージング

開口=20mm



- 79GHz STD V1.1

2020.10 技適取得 (FE/BE 2枚構成) IWR1443実装

- 79GHz STD V2.0

RawData取得SDKモデル(IWR1843搭載), DCA1000EVMとの接続が可能

※ アンテナ・カスタマイズ設計対応

- 79GHz STD V2.1

製品設計による廉価化を実現したモデル(IWR1843搭載)

※ アンテナ・カスタマイズ設計対応

- MultiChip CASCADE RADAR (AWR2243搭載)

- i. 79GHz 2CAS EVM V2 (2 chip CASCADE 3D 48MIMO Radar Front End)

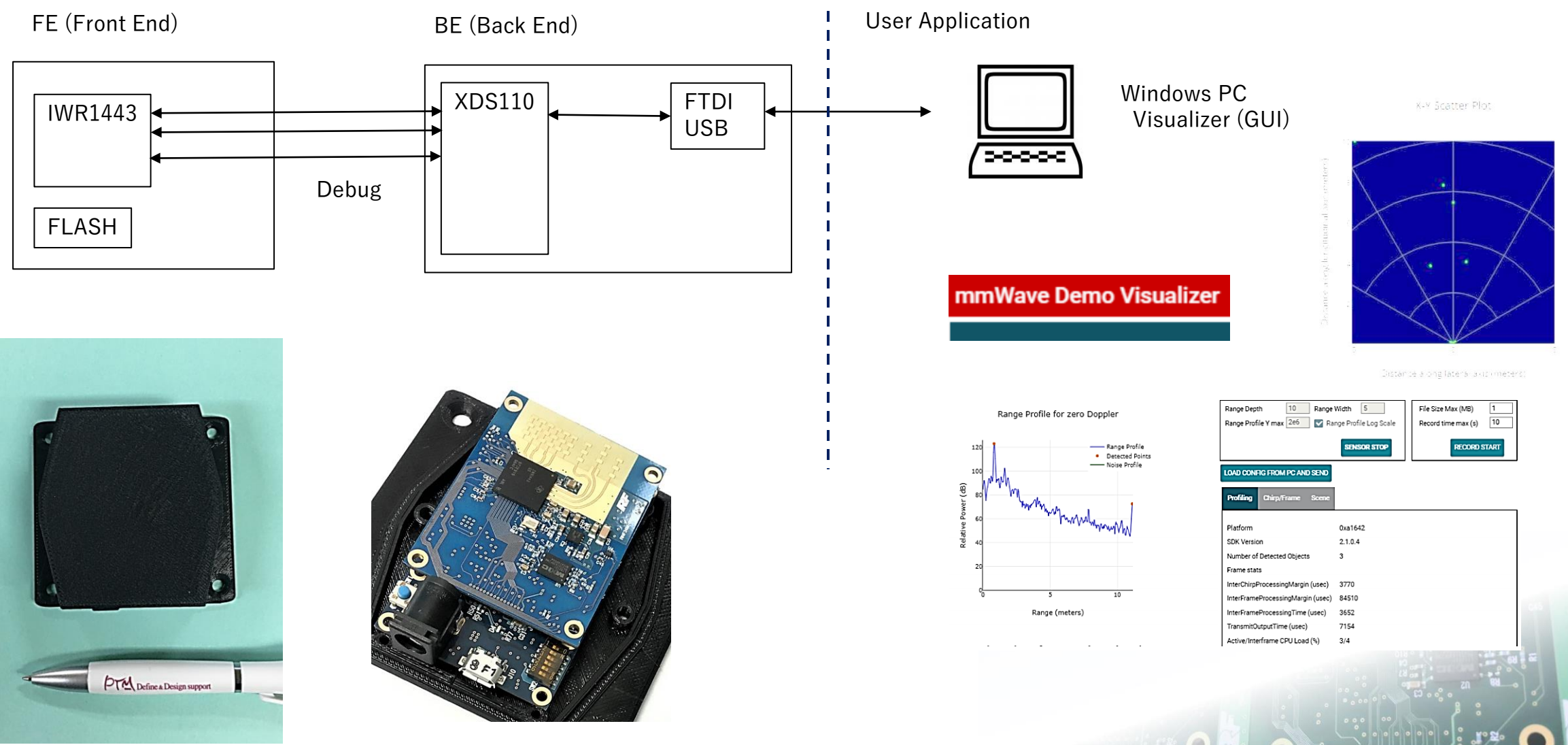
- ii. 79GHz 2CAS EVM V3 (2 chip CASCADE 3D 48MIMO Radar Front End)

※ アンテナ・カスタマイズ設計対応



79GHz STD V1.1/ IWR1443 搭載評価キット

2020.10 技適取得 (FE/BE 2枚構成)



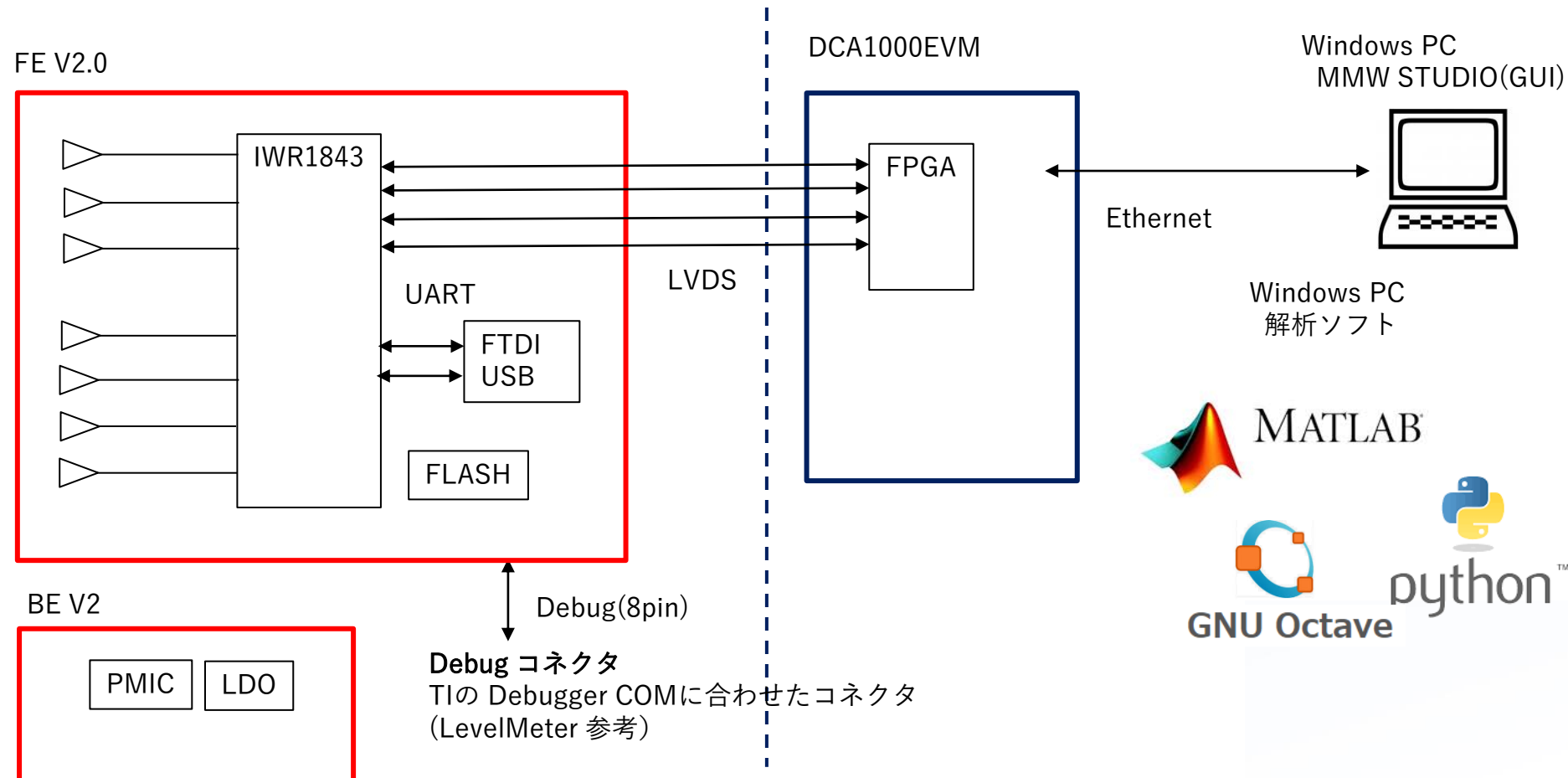


79GHz STD V2.0 / IWR1843 開発プラットフォーム

RawData取り込み(LVDS)を目的としたモデル(IWR1843搭載)

技適は認証機関と協議

独自アンテナ設計の実装



79GHz STD V2.1 / IWR1843 搭載製品設計

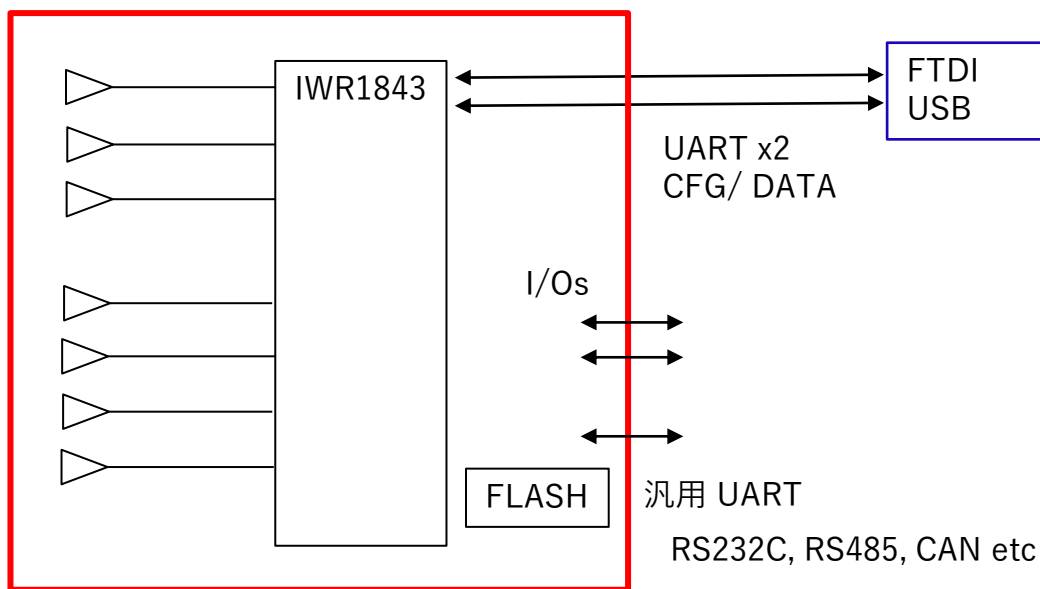
製品設計による小型・廉価化を実現したモデル(IWR1843搭載)

技適は FEのみで申請（認証機関と協議）

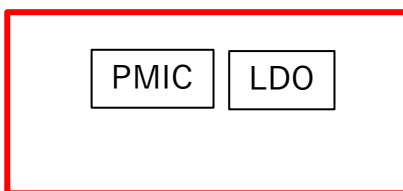
独自アンテナ設計の実装

主要な機能はI/O 及び 汎用UART側から出力する。

FE V2.1



BE V2.1



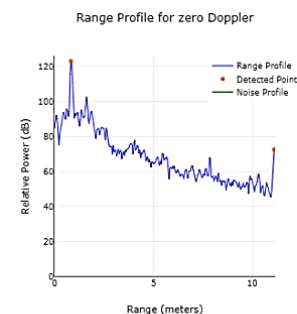
Debug コネクタ

TIの Debugger COMに合わせたコネクタ(LevelMeter 参考)

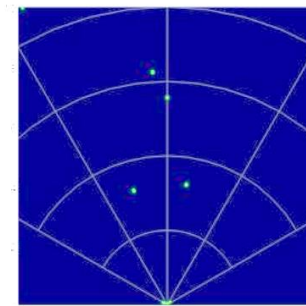


Windows PC
Visualizer (GUI)

mmWave Demo Visualizer



X-Y Scatter Plot

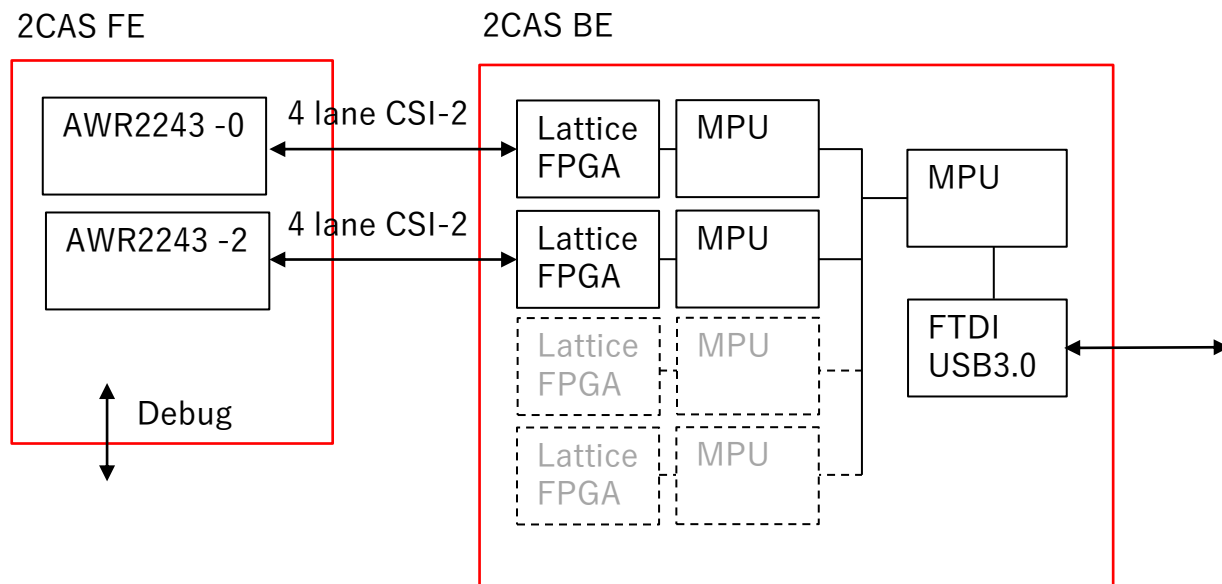


Range Depth	10	Range Width	5	File Size Max (MB)	1
Range Profile Y max	2e6	<input checked="" type="checkbox"/> Range Profile Log Scale		Record time max (s)	10
<input type="button" value="SENSOR STOP"/> <input type="button" value="RECORD START"/>					
<input type="button" value="LOAD CONFIG FROM PC AND SEND"/>					
Profiling	Chirp/Frame	Scene			
Platform	0xa1642				
SDK Version	2.1.0.4				
Number of Detected Objects	3				
Frame stats					
InterChirpProcessingMargin (usec)	3770				
InterFrameProcessingMargin (usec)	84510				
InterFrameProcessingTime (usec)	3652				
TransmitOutputTime (usec)	7154				
Active/Interframe CPU Load (%)	3/4				

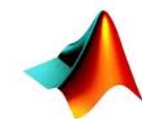


79GHz Cascade Radar Block-Dia

79GHz 2243 2 CAS EVM : AWR2243 を使用した 2 CASCADE



Windows PC
解析ソフト



MATLAB



GNU Octave



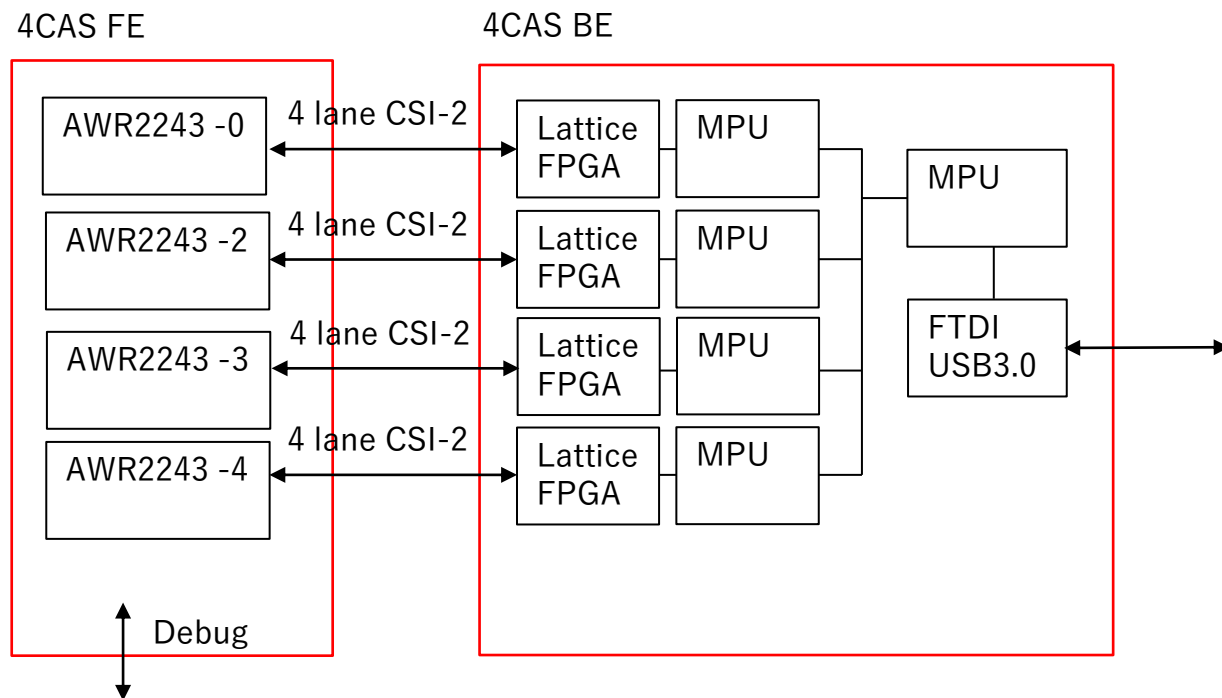
python



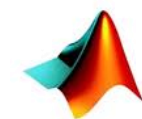


79GHz Multi-Chip Cascade Radar

79GHz 2243 4 CAS EVM : AWR2243 を使用した4 CASCADE



Windows PC
解析ソフト



MATLAB



GNU Octave

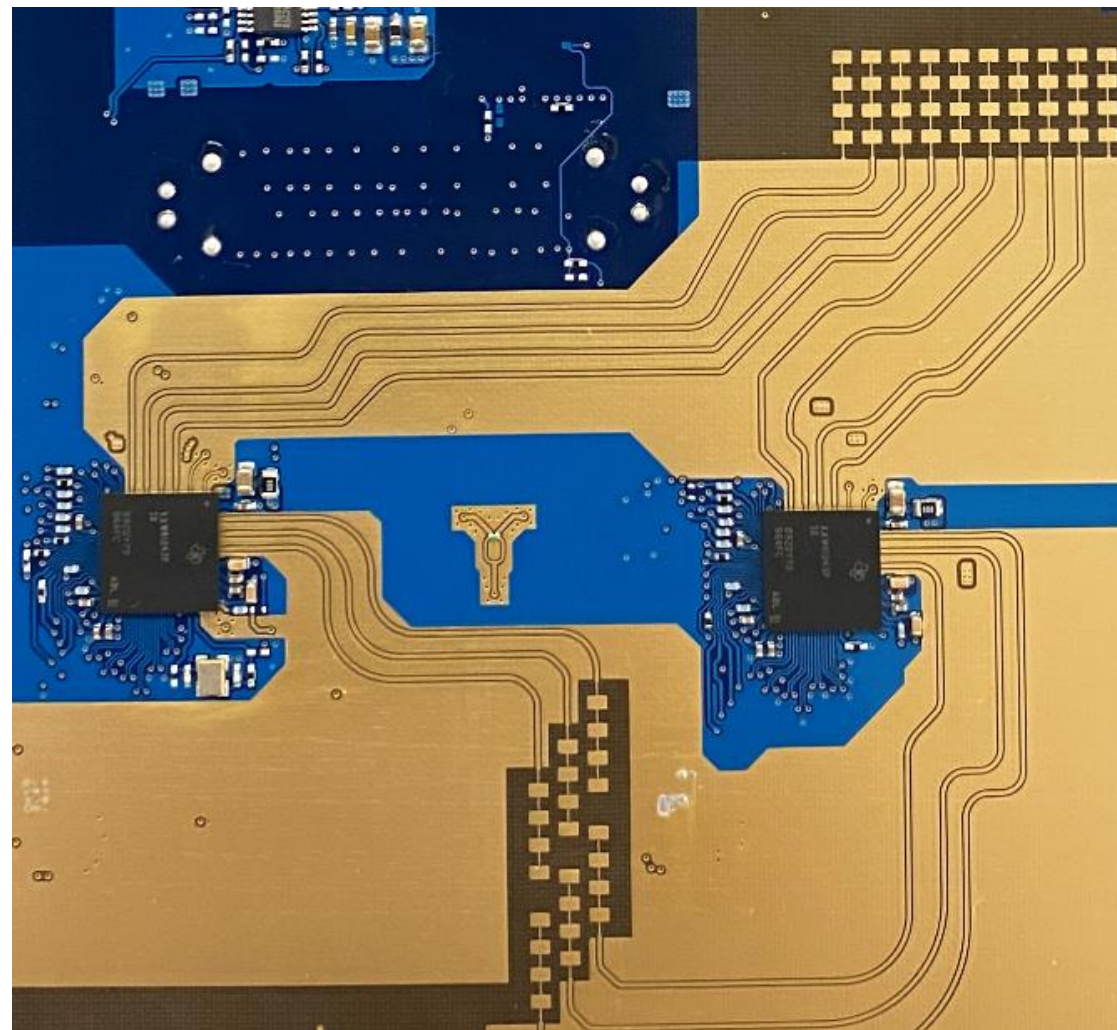
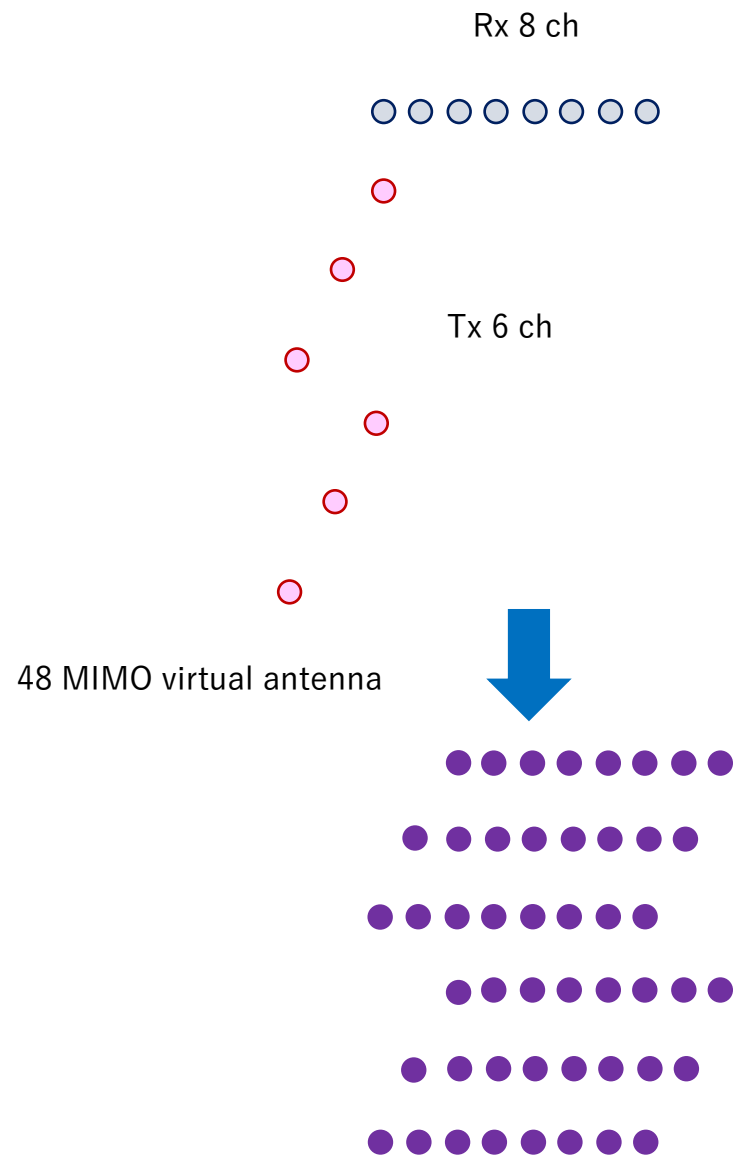


python™



79GHz 2CAS EVM V2 Antenna Layout Plan

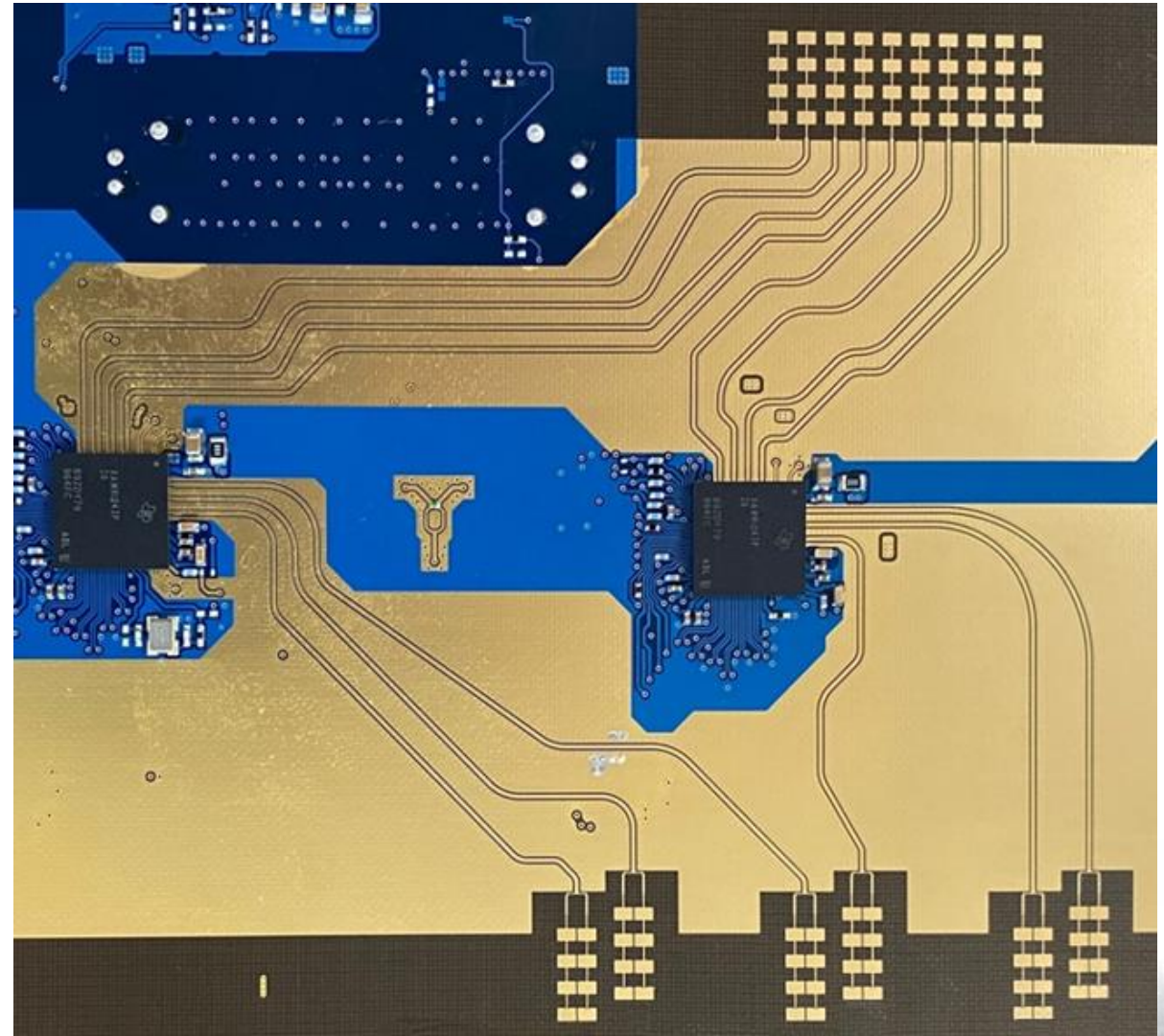
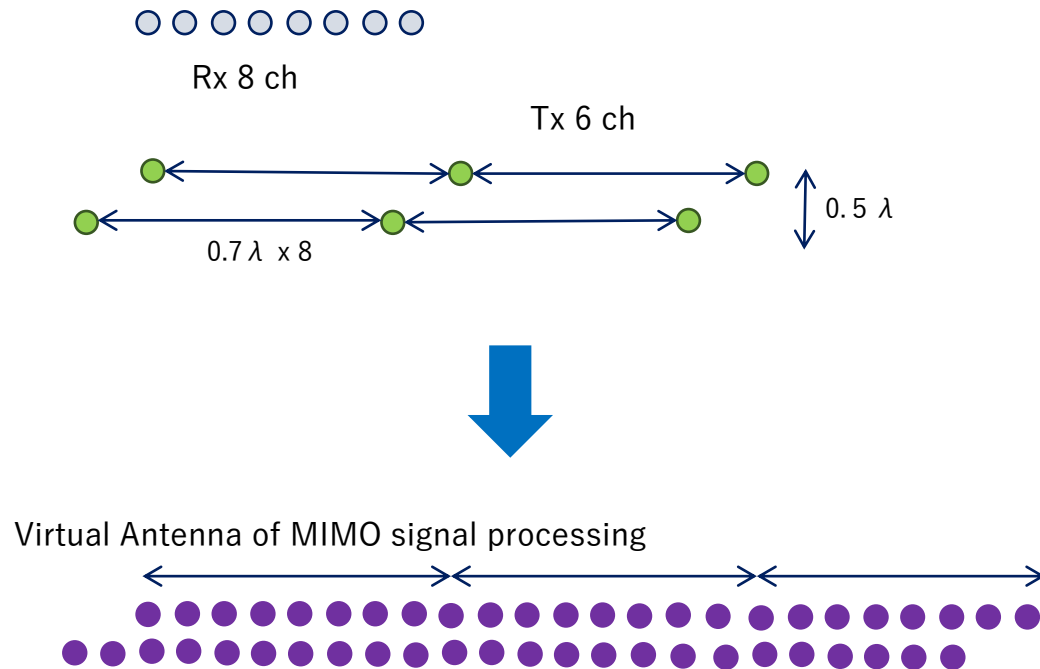
コードネーム : 48 CAS V2



CONFIDENTIAL

79GHz 2CAS EVM V3 Antenna Layout Plan

コードネーム 48CAS V3



CONFIDENTIAL



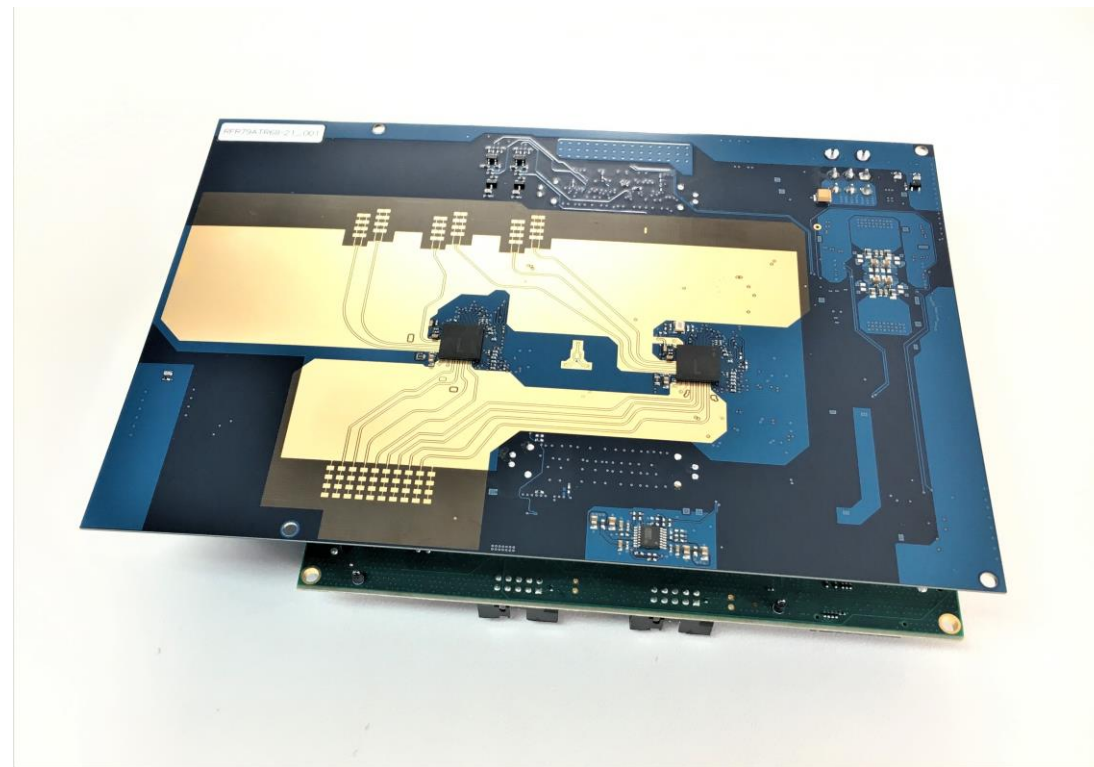
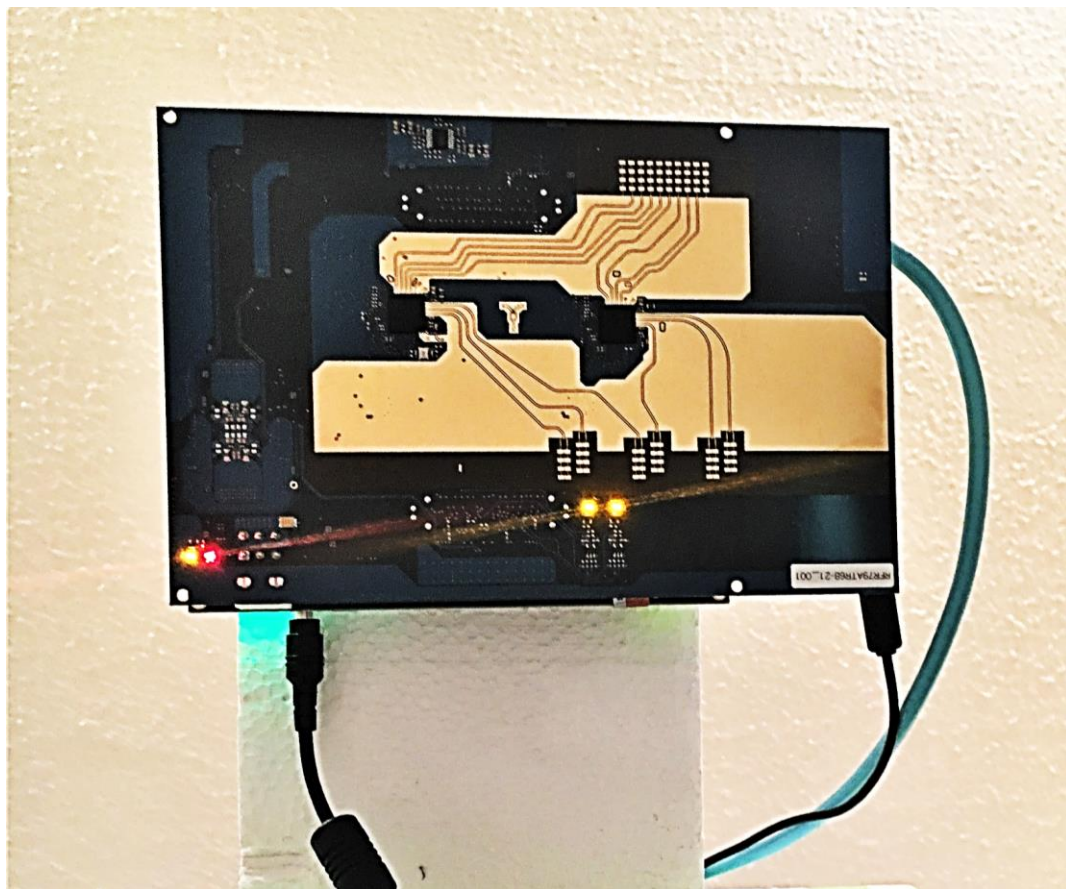
79GHz 2CAS EVM V3 理論値仕様一覧

	パラメータ	記号	値	単位	λ	Memo.	
仕様	出力	Po	0.01	[W]			
	中心周波数	fo	79	[GHz]			
	波長	λ	3.795	[mm]			
	帯域幅	fw	4000	[MHz]			
	光速	c	299792458	[m/s]			
アンテナ 設計値	受信アンテナ開口長	Drxa	63.753	[mm]	24		
	受信アンテナ数	Nrxa	8			直列 4素子	
	送信アンテナ数	Ntxa	3			直列 4素子 x2アレイ	
	アンテナピッチ(* λ)	0.7	2.656	[mm]			
データ 処理 設計値	IF信号サンプリング点数	Ndat	256	[Points]			
	FFT長	Nfft	1024	[Points]			
	逆FFT長 (アジマス方向)	Nifft	128	[Points]			
距離 方向 (Calc.)	検知可能距離	Rmax	4.8	[m]			
	距離方向分離分解能	Rreso	0.037	[m]			FFT時に窓関数を掛けた場合は, 2倍
	距離測定分解能	Δr	9.4	[mm]			
角度 方向 (Calc.)	検知可能角度	θ_{max}	45.6	[deg]			理論限界値 (片方向の角度)
	視野角	FoV	91.2	[deg]			
	等距離角度分離分解能	θ_{reso}	3.412	[deg]			逆FFT時に窓関数を掛けた場合は, 2倍 (2 [°])
	角度測定分解能	$\Delta \theta$	0.640	[deg]			





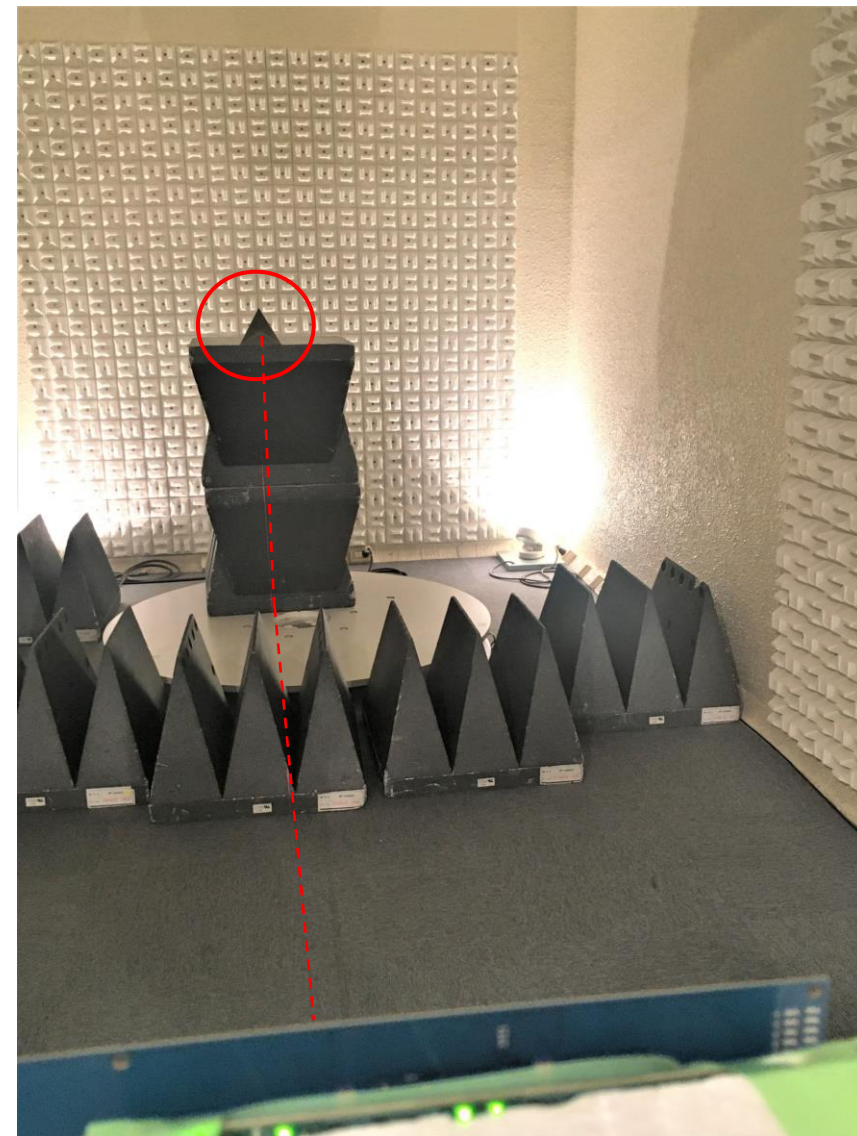
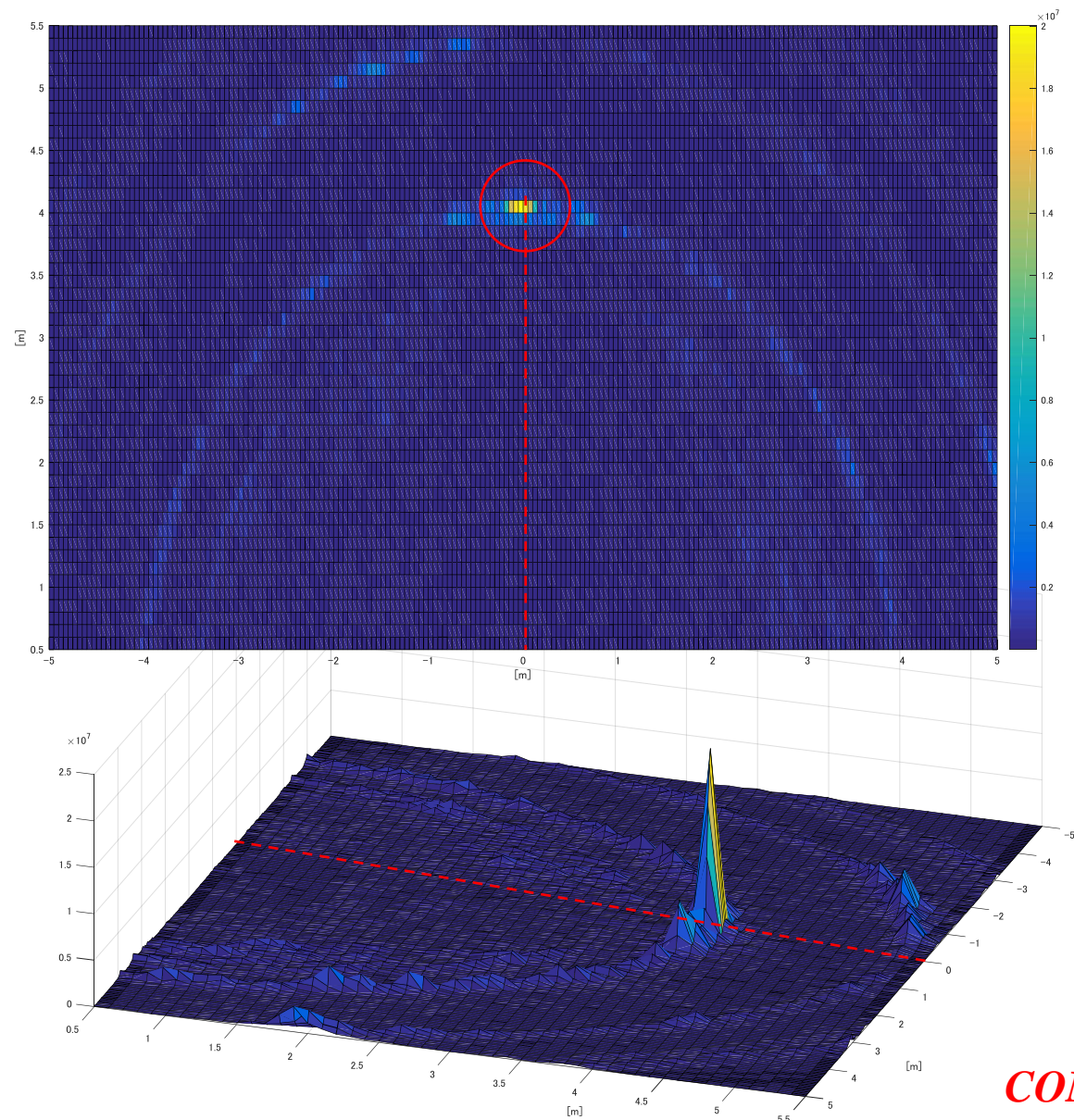
79GHz 2CAS EVM V3 外觀写真



CONFIDENTIAL



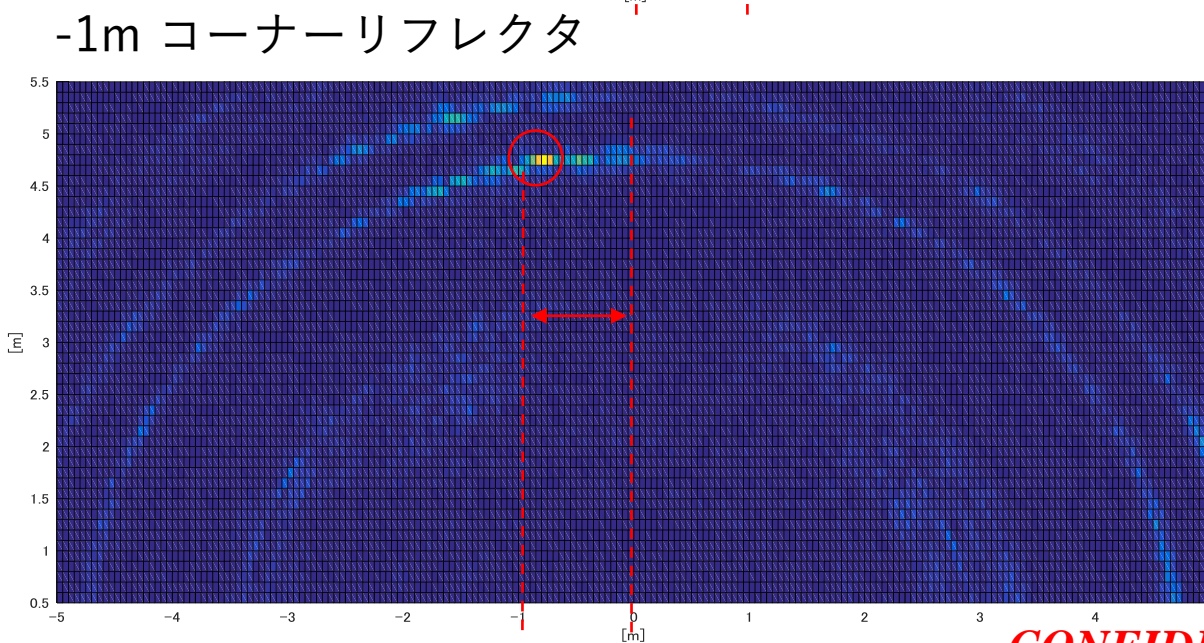
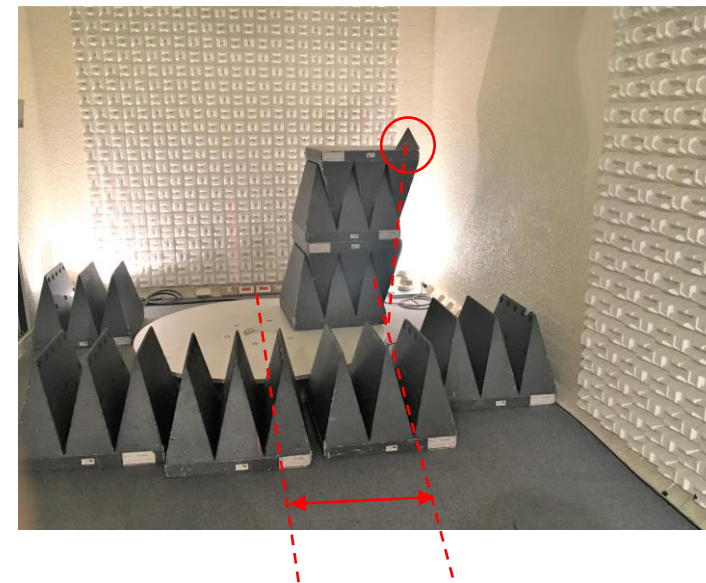
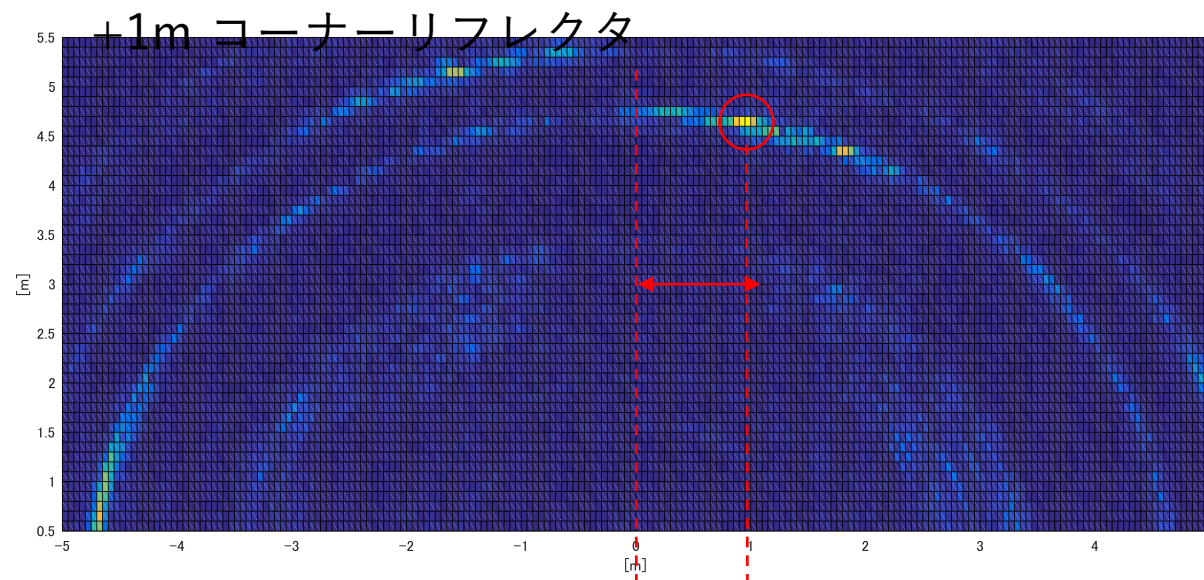
正面 コーナーリフレクタ



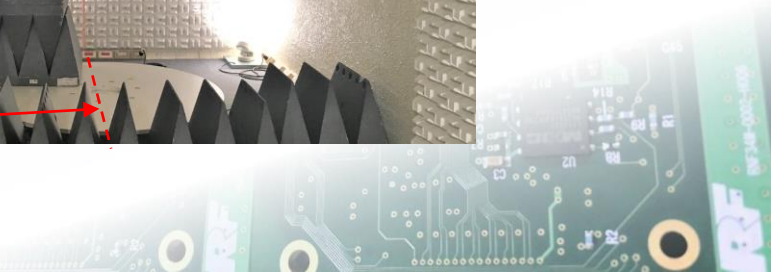
CONFIDENTIAL



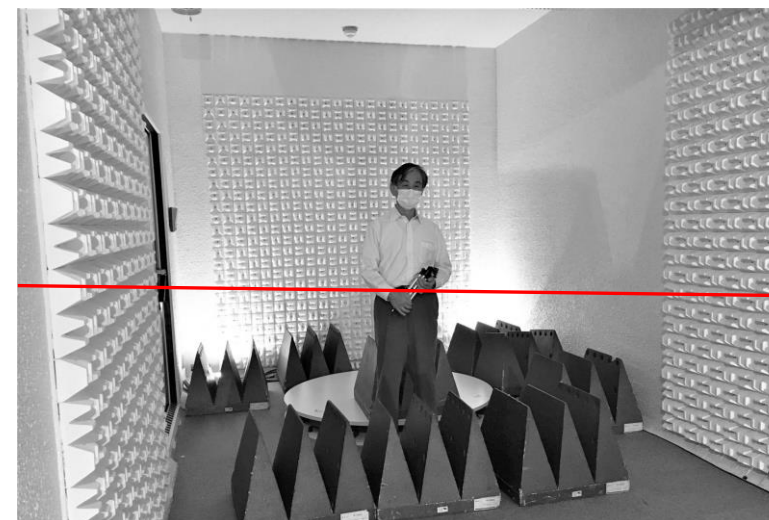
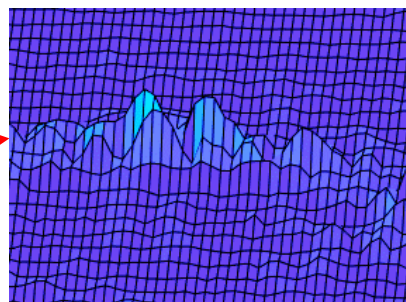
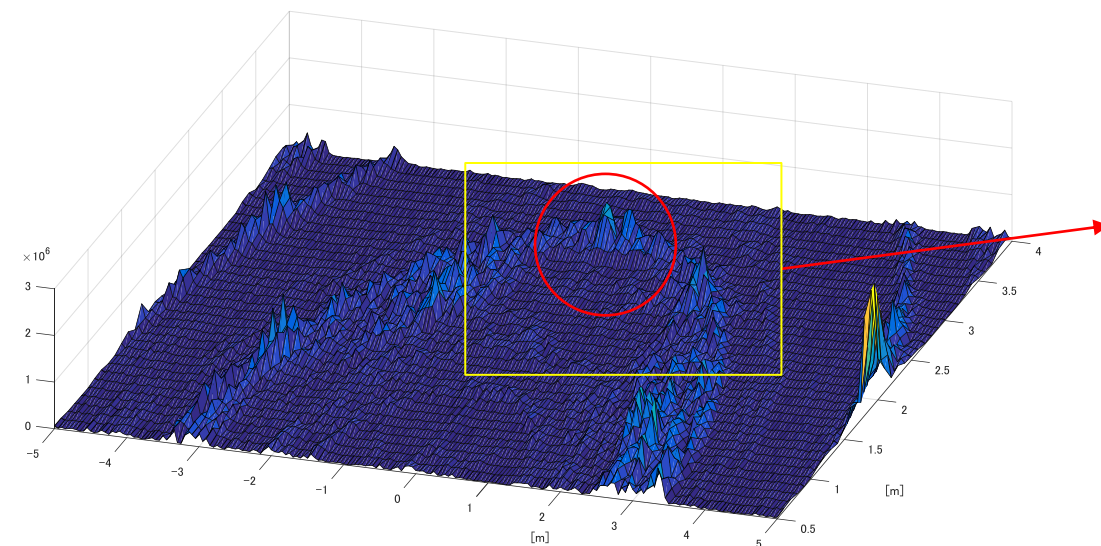
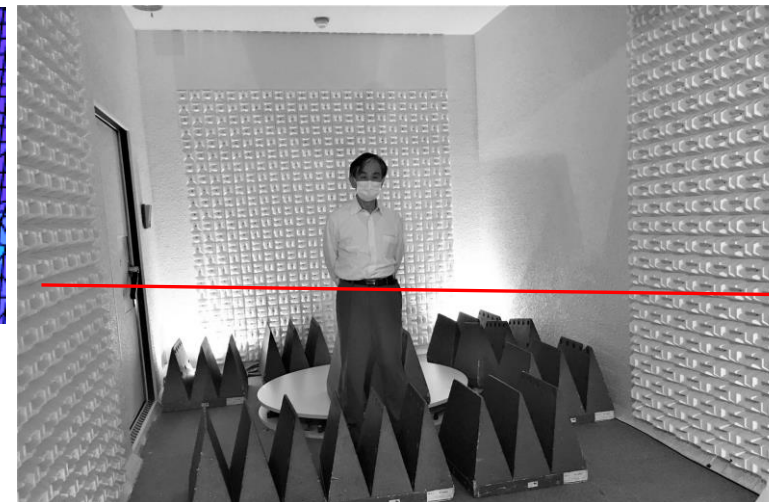
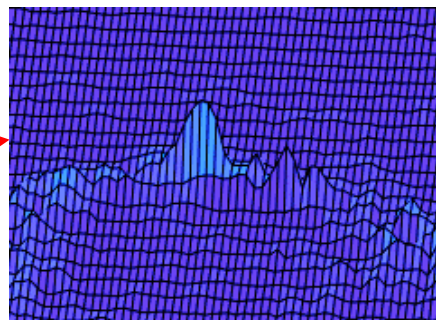
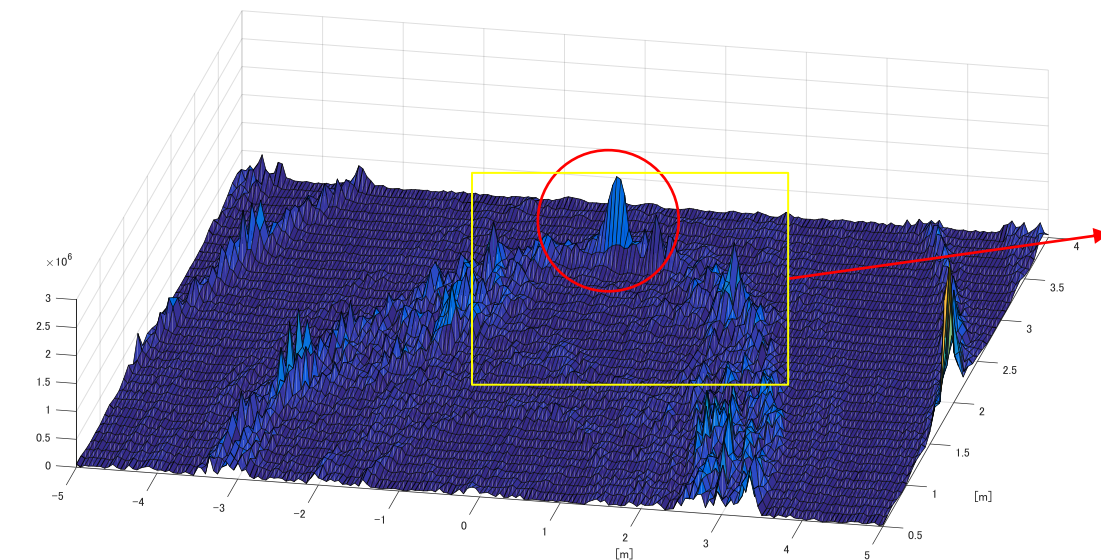
79GHz 2CAS EVM V3イメージング



CONFIDENTIAL

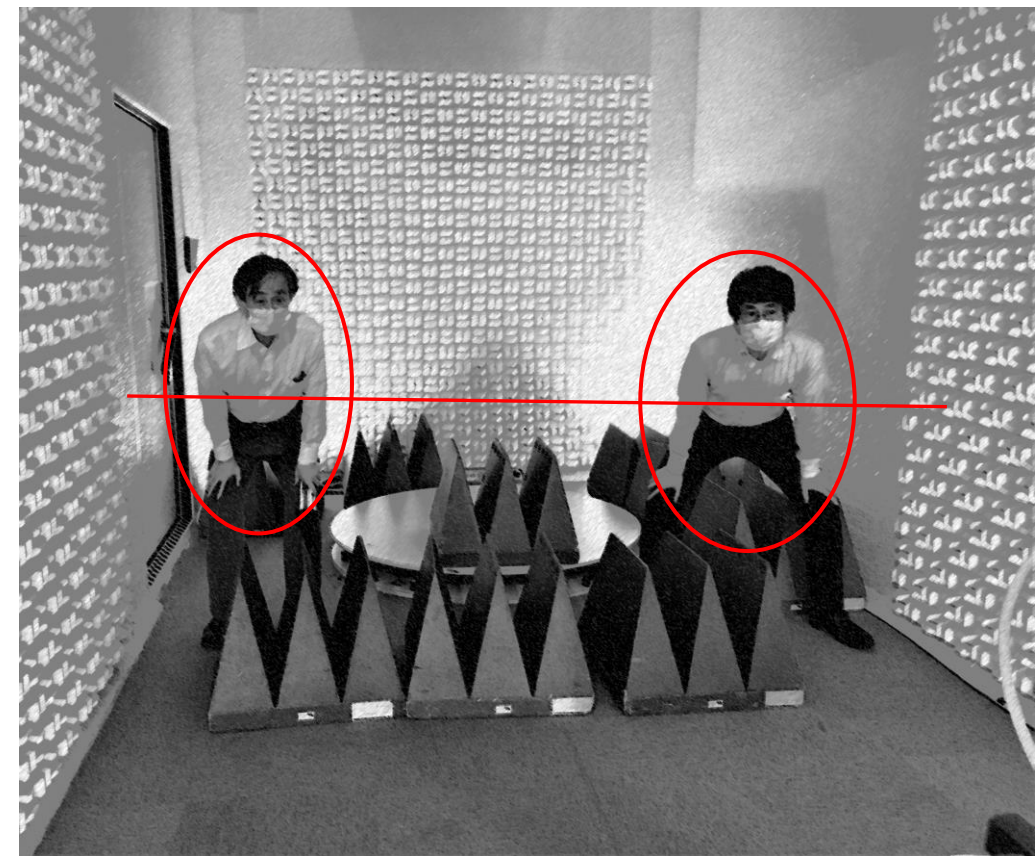
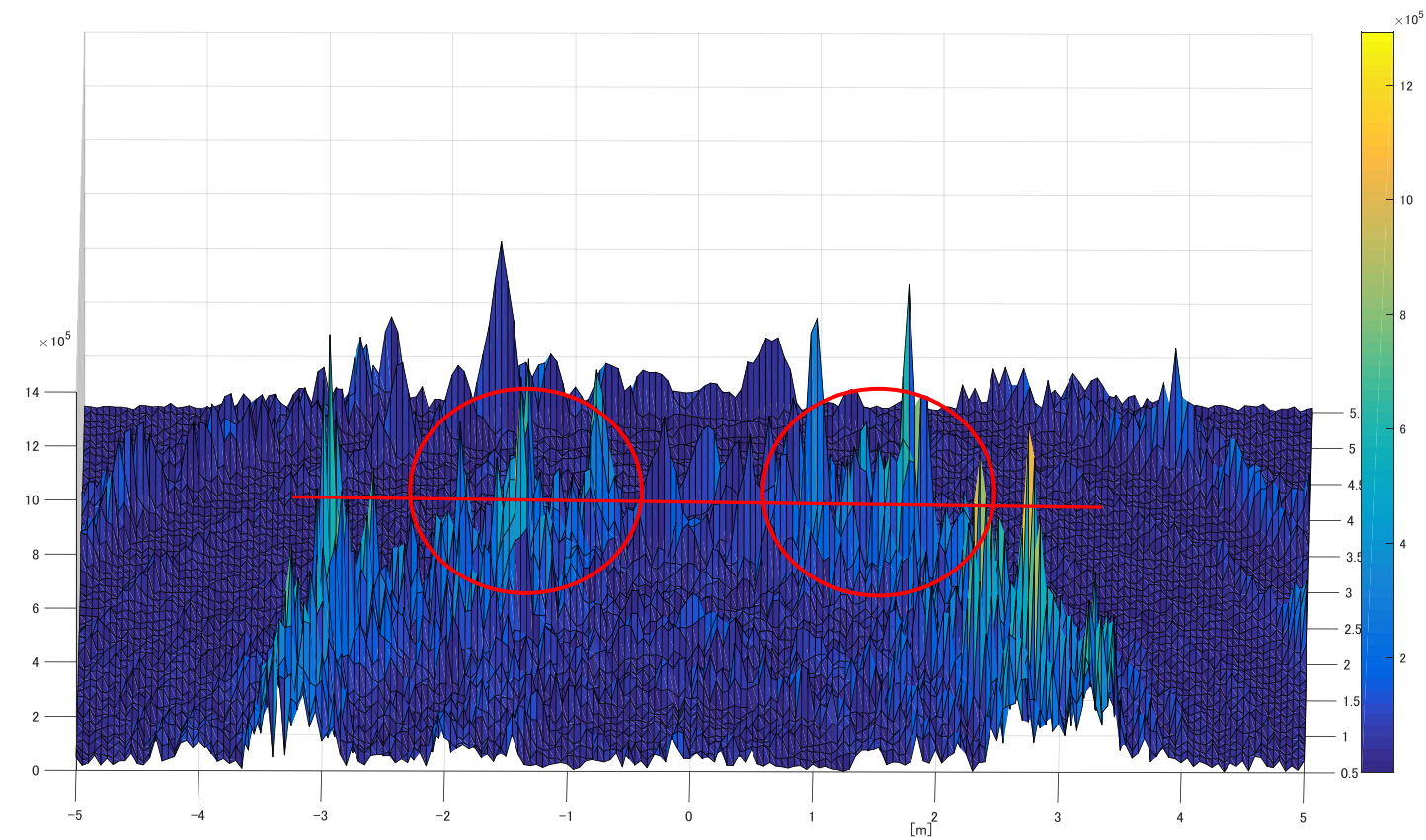


79GHz 2CAS EVM V3イメージング



CONFIDENTIAL

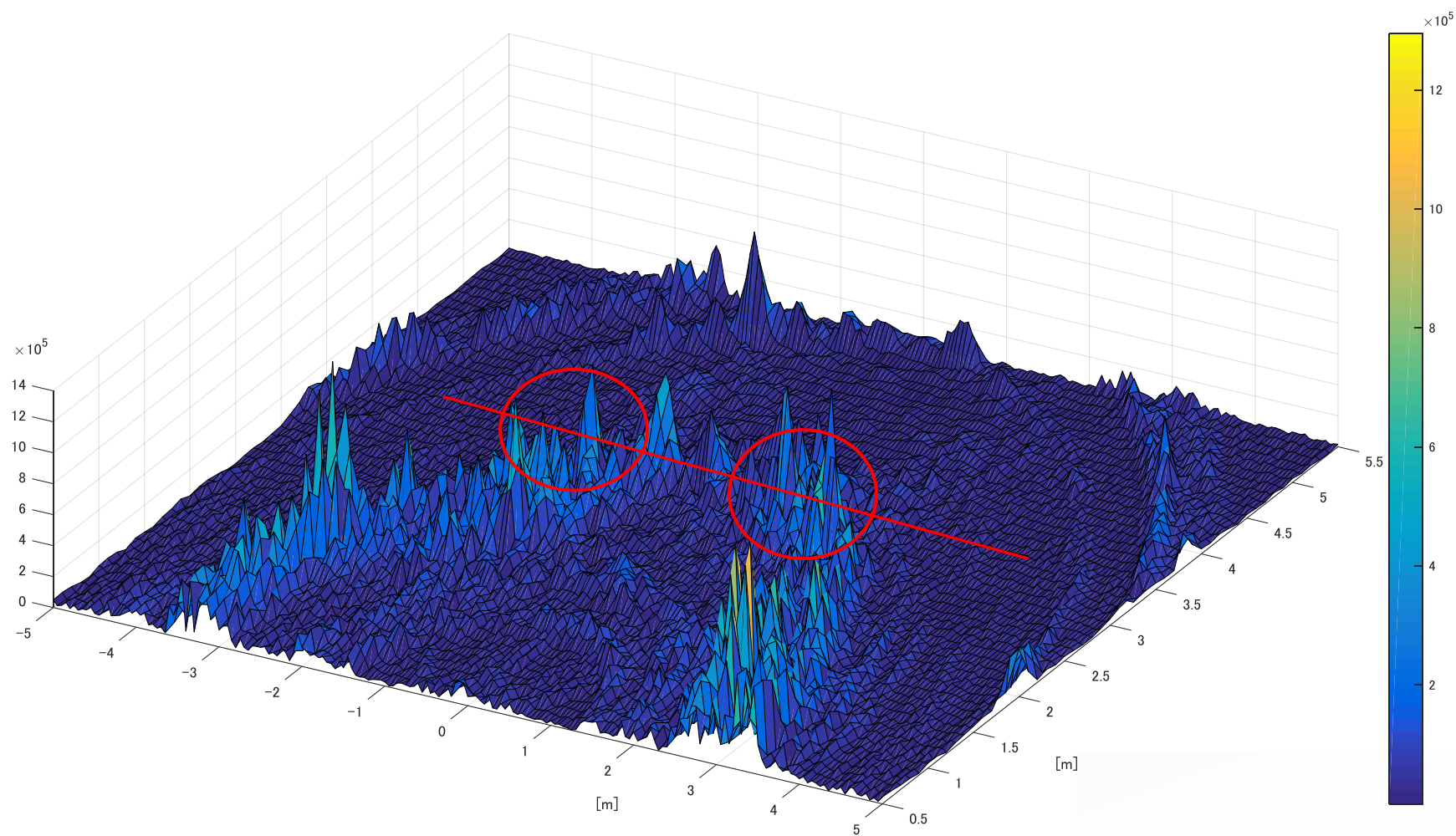
79GHz 2CAS EVM V3イメージング



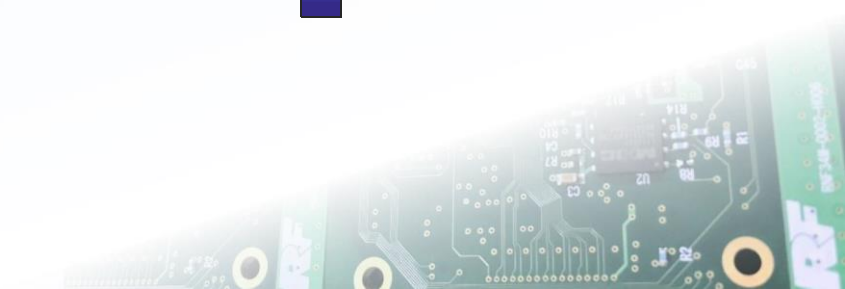
CONFIDENTIAL



79GHz 2CAS EVM V3イメージング



CONFIDENTIAL





2D HiRes Hi-Gain 48 MIMO Antenna Layout

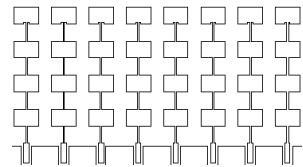
類似設計実績あり。受注生産可能

Rx 8 ch ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

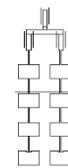
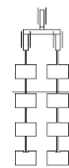
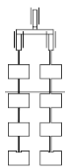
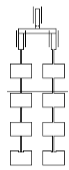
Tx 6 ch ● ● ● ● ● ● ● ●



48 MIMO virtual antenna

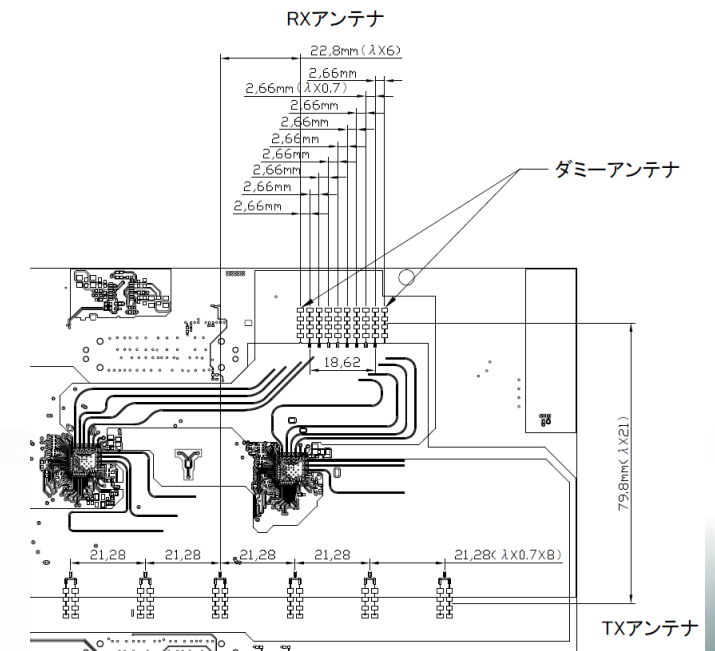


Rx 8 ch



Tx 6 ch

CONFIDENTIAL

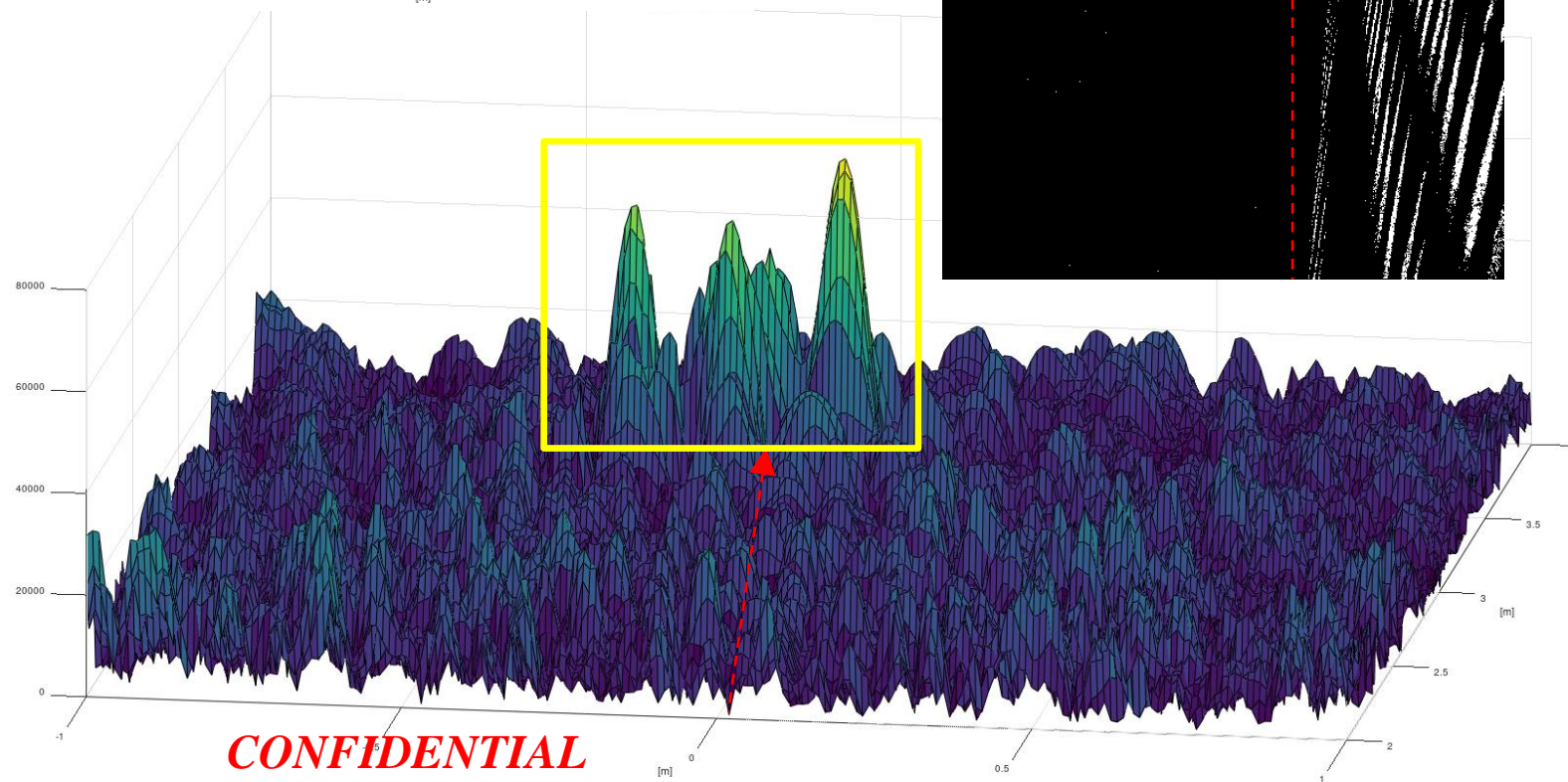
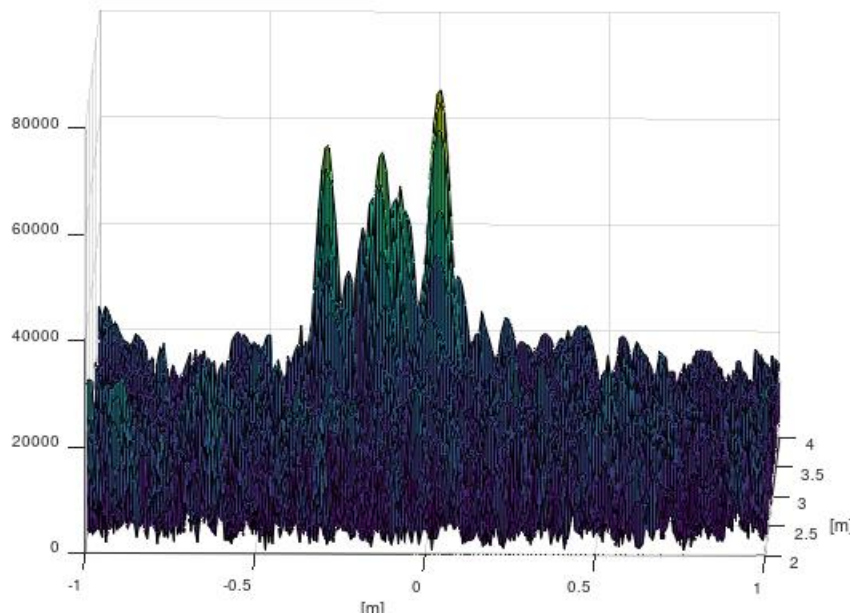
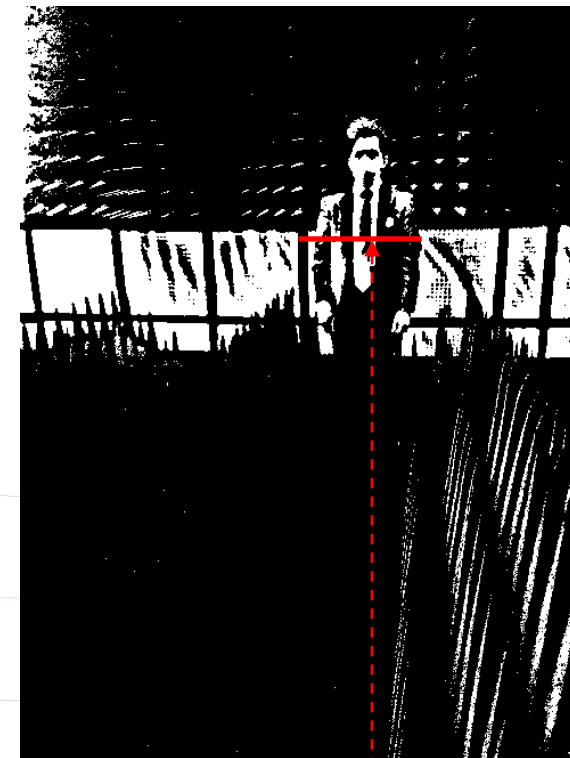
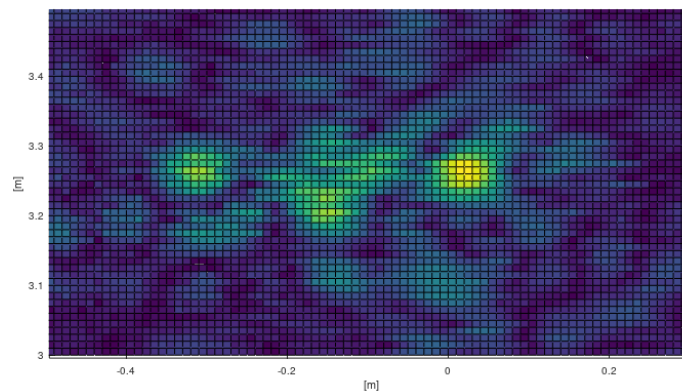
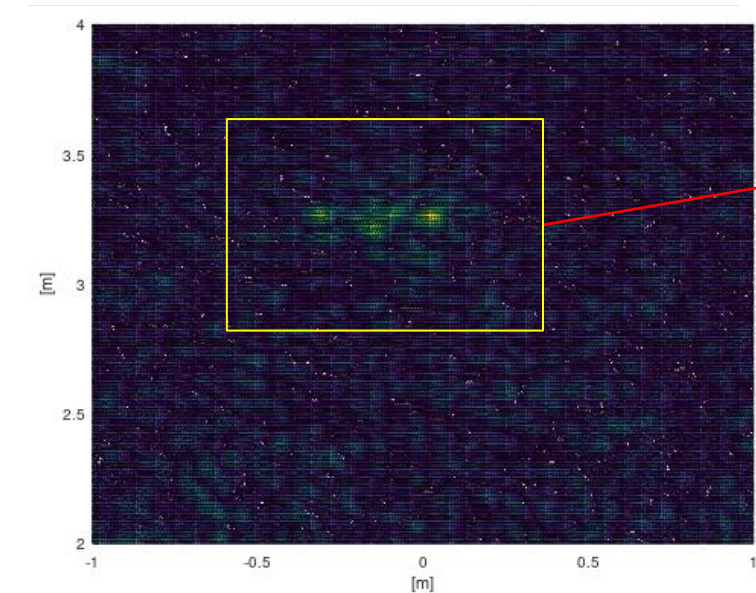


2D HiRes Hi-Gain 48 MIMO 理論値仕様一覧

	パラメータ	記号	値	単位	λ	Memo.
決定値	出力	Po	0.01	[W]		
	中心周波数	fo	79	[GHz]		
	波長	λ	3.795	[mm]		
	帯域幅	fw	4000	[MHz]		
	光速	c	299792458	[m/s]		
アンテナ 設計値	受信アンテナ開口長	Drxa	182.16	[mm]	48	
	受信アンテナ数	Nrxa	8			直列 3素子
	送信アンテナ数	Ntxa	6			直列 3素子
	アンテナピッチ		3.795	[mm]		
データ 処理 設計値	IF信号サンプリング点数	Ndat	256	[Points]		
	FFT長	Nfft	1024	[Points]		
	逆FFT長（アジマス方向）	Nifft	128	[Points]		
距離 方向 (Calc.)	検知可能距離	Rmax	4.8	[m]		
	距離方向分離分解能	Rreso	0.037	[m]		
	距離測定分解能	Δr	9.4	[mm]		
角度 方向 (Calc.)	検知可能角度	θ_{max}	30.000	[deg]		
	視野角	FoV	60.000	[deg]		
	等距離角度分離分解能	θ_{reso}	1.194	[deg]		
	角度測定分解能	$\Delta \theta$	0.448	[deg]		

CONFIDENTIAL

2D HiRes Hi-Gain 48 MIMO イメージング



CONFIDENTIAL



マイクロ波・ミリ波レーダ評価キット

BGT24 Demokit V3.0

1D High Accuracy Distance Measurement

PSR24MTR11



BGT24 Demokit V4.0

2D Radar Distance and Angle

PSR24MTR12



79GHz STD V1.1

IWR1443 搭載評価キット



24GHz 1次元高精度測距 評価キット

BGT24 Demokit V3.0

1D High Accuracy Distance Measurement

PSR24MTR11

特長

24GHz帯使用（世界共通ISMバンド）

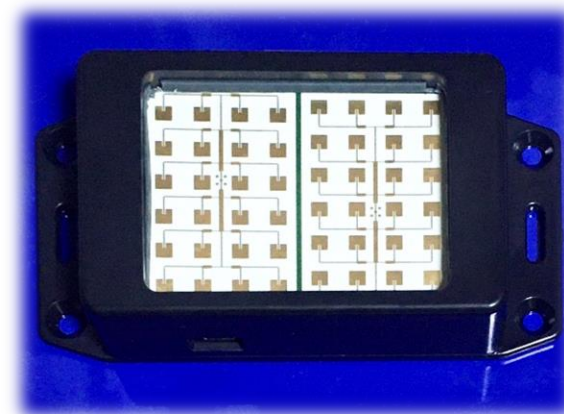
特定小電力無線技術適合審査取得（免許不要）

PLL搭載シンセサイザー採用

従来の24GHz Radar性能を超える高精度な距離測定が可能。

BGT24 demokit V2.0 の後継機として更なる高精度測距を追究

高利得アンテナ設計により狭ビーム化を実現



項 目	仕 様（暫 定）
域帯数波周	24.05～24.25GHz（電波法準拠）
幅域帶有占	200MHz max
力電力出波信送	23 dBm(typ) EIRP
角射放(HPBW)	Azimuth : 15 Deg（E面） Elevation : 23 Deg（H面）
様仕ナテナ	信送 ナテナチツパ24 子素× 信受24 子素利得 18 dBii
定測距離範囲	0.1m～50m（typical）目標物RCSに依存 値大最準標 100m（
質量（筐体込み）	約80g

CONFIDENTIAL



24GHz 2次元方位探知型 評価キット

BGT24 Demokit V4.0
2D Radar Distance and Angle

PSR24MTR12

特長

24GHz帯使用（世界共通ISMバンド）

特定小電力無線技術適合審査取得（免許不要）

PLL搭載シンセサイザー採用

従来の24GHz Radar性能を超える高精度な距離測定が可能。

受信系2CH化により位相モノパルス AOA検知が可能。

直列共振平面アンテナにより圧倒的なサイドローブ抑制



項 目	仕 様（ 暫 定 ）
域帯数波周	24.05～24.25GHz（電波法準拠）
幅域帶有占	200MHz max Range Bin = 0.201 [m]
力電力出波信送	17 dBm(typ) EIRP
角射放(HPBW)	Azimuth : 54 Deg （H面） Elevation : 17 Deg （E面）
様仕ナテナア	信送 ナテナアチップ12 子素× 信受6子素/2CH 利得 14 dBii
度角知検	+/- 55°
質量（筐体込み）	約80g

CONFIDENTIAL

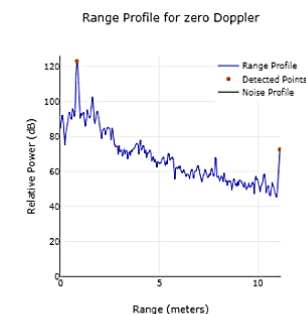
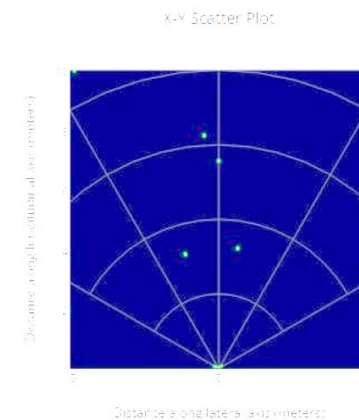


79GHz 3次元 MIMO レーダ評価キット

- 障害物検知、衝突防止、高度計、高精度バイタル検知など様々な用途に対応
広帯域バンドの活用により原理的に高精度実現が可能。
- 障害物検知（例えば電線や橋梁などの検知）
FANビーム（扇形）により広視野角にて障害物までの距離、方位角の測定が可能。
3D 構成より仰角の検知も可能
- 重量
79GHz RF部は外形40x45 mm以下、質量わずか15gと非常に軽量です。



mmWave Demo Visualizer



Range Depth	10	Range Width	5	File Size Max (MB)	1																														
Range Profile Y max	2e6	<input checked="" type="checkbox"/> Range Profile Log Scale		Record time max (s)	10																														
SENSOR STOP				RECORD START																															
LOAD CONFIG FROM PC AND SEND																																			
<table border="1"><thead><tr><th>Profiling</th><th>Chirp/Frame</th><th>Scene</th></tr></thead><tbody><tr><td>Platform</td><td colspan="2">Oxa1642</td></tr><tr><td>SDK Version</td><td colspan="2">2.1.0.4</td></tr><tr><td>Number of Detected Objects</td><td colspan="2">3</td></tr><tr><td>Frame stats</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>InterChirpProcessingMargin (usec)</td><td colspan="2">3770</td></tr><tr><td>InterFrameProcessingMargin (usec)</td><td colspan="2">84510</td></tr><tr><td>InterFrameProcessingTime (usec)</td><td colspan="2">3652</td></tr><tr><td>TransmitOutputTime (usec)</td><td colspan="2">7154</td></tr><tr><td>Active/Interframe CPU Load (%)</td><td colspan="2">3/4</td></tr></tbody></table>						Profiling	Chirp/Frame	Scene	Platform	Oxa1642		SDK Version	2.1.0.4		Number of Detected Objects	3		Frame stats			InterChirpProcessingMargin (usec)	3770		InterFrameProcessingMargin (usec)	84510		InterFrameProcessingTime (usec)	3652		TransmitOutputTime (usec)	7154		Active/Interframe CPU Load (%)	3/4	
Profiling	Chirp/Frame	Scene																																	
Platform	Oxa1642																																		
SDK Version	2.1.0.4																																		
Number of Detected Objects	3																																		
Frame stats																																			
InterChirpProcessingMargin (usec)	3770																																		
InterFrameProcessingMargin (usec)	84510																																		
InterFrameProcessingTime (usec)	3652																																		
TransmitOutputTime (usec)	7154																																		
Active/Interframe CPU Load (%)	3/4																																		

CONFIDENTIAL

アンテナ 受託開発・カスタマイズ設計

8x6 : 48 patch

RFR24MTR1186

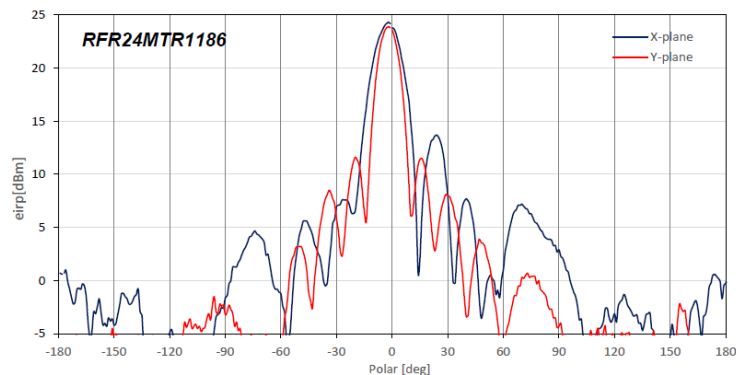
Max Transmitt Power e.i.r.p

X-plane	24.3	dBm
Y-plane	23.9	dBm

Half Power Beam Width HPBW

X-plane	15	degree
Y-plane	12	degree

Antenna Gain	21.4	dBi
--------------	------	-----



10x8 : 80 patch

RFR24MTR11T8

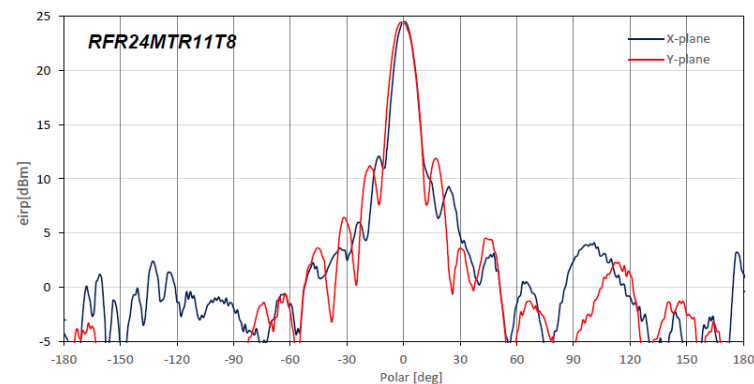
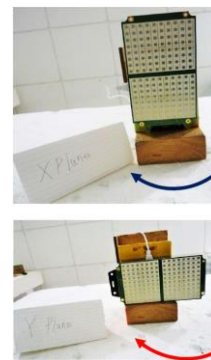
Max Transmitt Power e.i.r.p

X-plane	24.5	dBm
Y-plane	24.5	dBm

Half Power Beam Width HPBW

X-plane	10	degree
Y-plane	12	degree

Antenna Gain	23.2	dBi
--------------	------	-----



4x4 : 16 patch

RFR24LTR1144

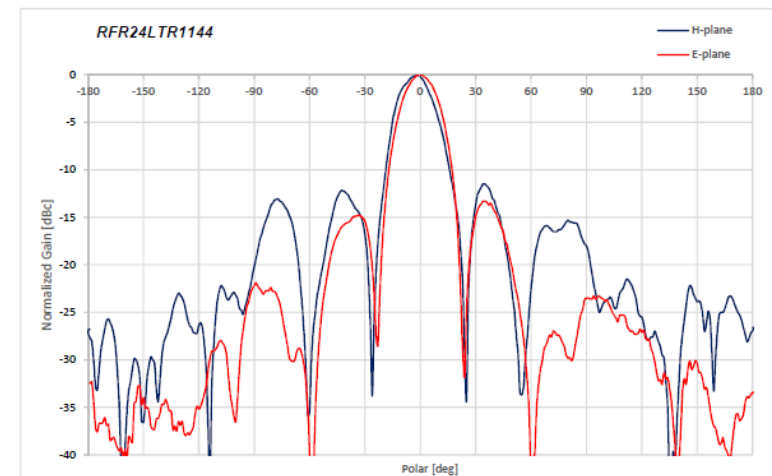
Max Transmitt Power (Pt max)

H-plane	17	dBm
E-plane	17.3	dBm

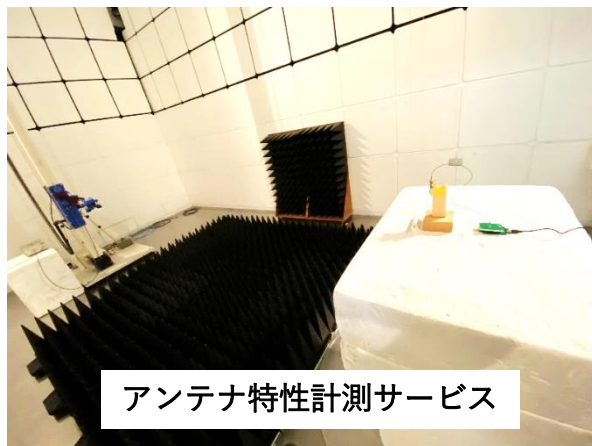
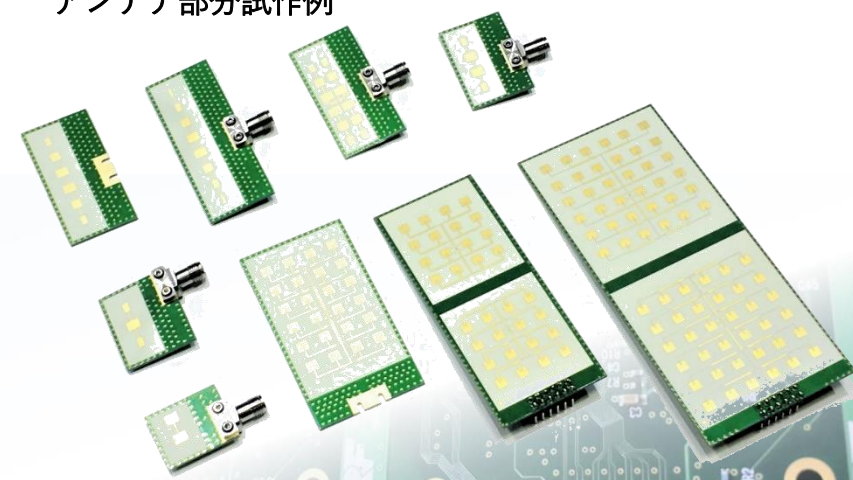
Half Power Beam Width

H-plane	20	degree
E-plane	21	degree

Antenna Gain	17.7	dBi
--------------	------	-----

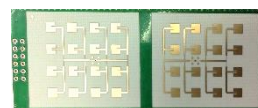


アンテナ部分試作例

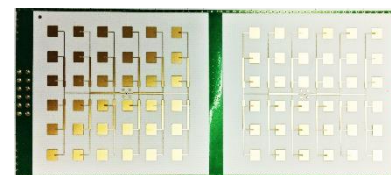
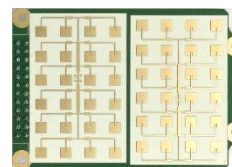


アンテナ特性計測サービス

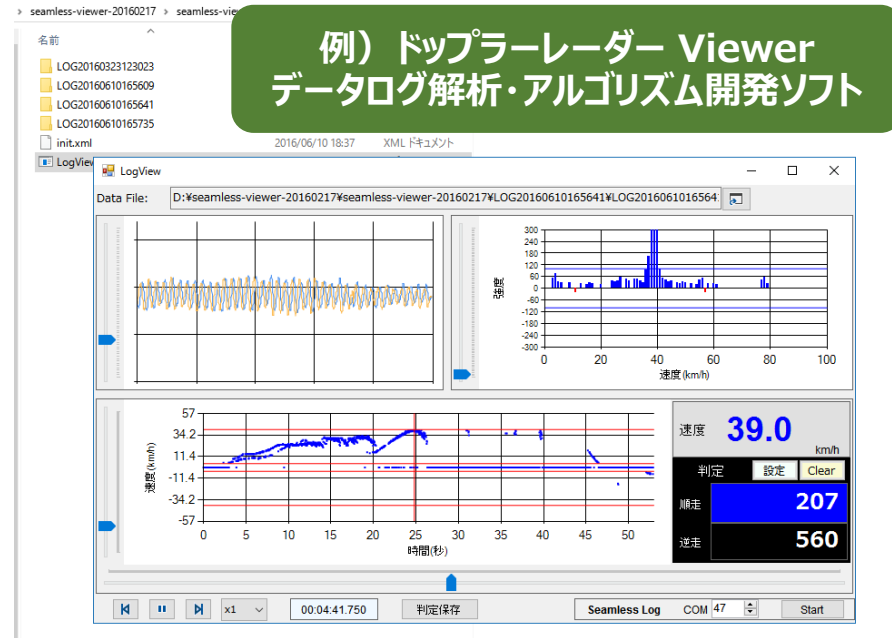
4x4 : 16 patch



4x6 : 24 patch (Standard)
おおよそ名刺大



6x6 : 36 patch



例) Visual Studio C++ Project

開発のプラットフォームとなる レーダーのハードウェアについては
別途ご用途に応じてご提案させていただきます。(上記費用には含まれません)

レーダー側CPU ファームウェアポータリングサポート
※ その他CPUに指定がございましたらお問合せください。

nts > Software > 00. FirmWare > SRC_RDR4005_151115 > rdr4005			
名前	更新日時	種類	
rdr4005	2016/02/24 0:11	ファイルフォルダー	
RDR4005.hws	2015/11/16 0:34	HWS ファイル	
RDR4005.tws	2015/11/16 0:34	TWS ファイル	

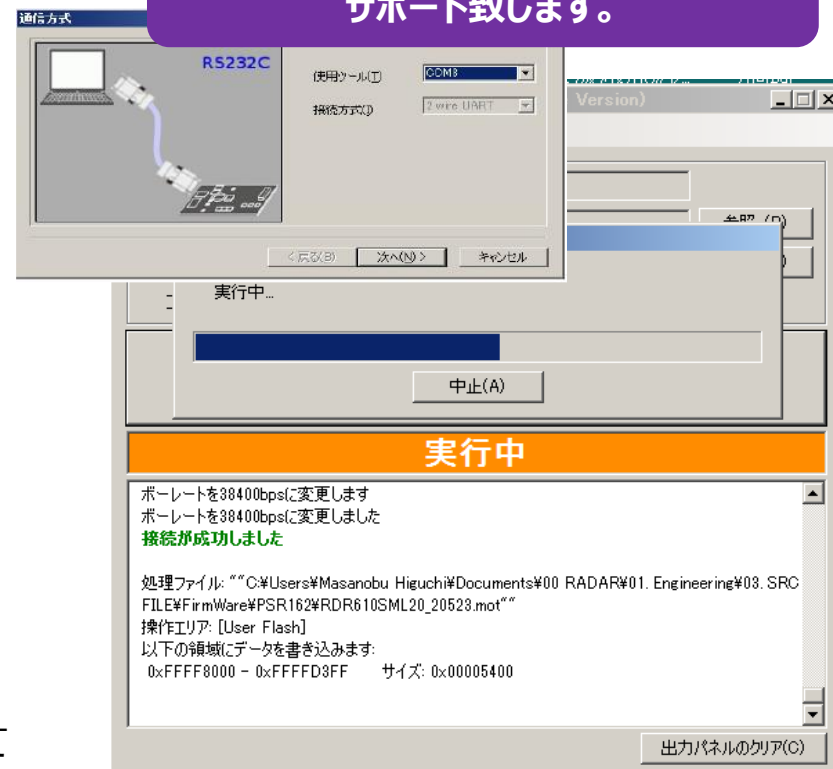
nts > Software > 00. FirmWare > SRC_RDR4005_151115 > rdr4005			
名前	更新日時	種類	
costable.inc			
dbstc.c			
DefaultSession.hsf			
dummy.dat			
intprg.c			
iodefine.h			
lowlv1.src			
lowsrc.c			
lowsrc.h	2015/11/16 0:34	H ファイル	
r_flash_api_rx600.c	2015/11/16 0:34	C ファイル	
r_flash_api_rx600.h	2015/11/16 0:34	H ファイル	
r_flash_api_rx600_config.h	2015/11/16 0:34	H ファイル	
r_flash_api_rx600_private.h	2015/11/16 0:34	H ファイル	
RDR4005.c	2015/11/16 0:34	C ファイル	
RDR4005.hwp	2015/11/16 0:34	OpenOffice.org X..	
RDR4005.nav	2015/11/16 0:34	NAV ファイル	
RDR4005.tps	2015/11/16 0:34	TPS ファイル	
Readme.txt	2015/11/16 0:34	TXT ファイル	
resetprg.c	2015/11/16 0:34	C ファイル	
chrk.c	2015/11/16 0:34	C ファイル	

例) レーダー信号処理 Rx62
ライブラリにてご提供させて頂き、特許
など知財該当箇所はAPI化などでク
ローズして提供します。

MPUの実績は数種類ございます。
ご希望などございましたら問い合わせください。(別途お見積りさせて
頂く場合もございます)

Renesus Rx62/65, Rx230/231, RL78 etc
Microchip dsPIC, PIC etc

コンパイル・書き込み完了まで
サポート致します。



開発のプラットフォームとなる レーダーのハードウェアについては別途ご
用途に応じてご提案させて頂きます。(上記費用には含まれません)



ピーティーエム株式会社

〒226-0019

横浜市緑区中山1-6-15 パームビュービル3階

TEL : 045-938-6322

FAX : 045-938-6323

Email : sales@ptm-co.jp

URL : www.ptm-co.jp

