

Microwave Workshops & Exhibition

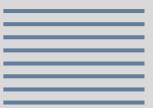
MWE 2020



Define & Design support

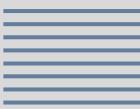
マイクロ波・ミリ波を使ったレーダー
方位探知と角度分解能の追究

ピティーエム株式会社 営業部



目次

- 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 開発プラットホーム
 - 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。



到来角推定高分解能化の事例

推定法	適用範囲	基本原理	主な計算
Interferometer	單一波	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/EaiIVvbuAqU>

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

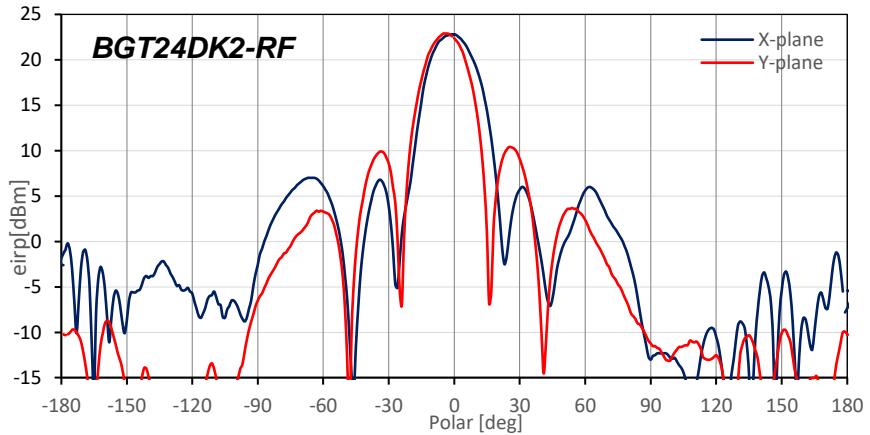
24GHz POCによる要素確認

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)
測定インターパル	10 msec (Stand alone mode) 50 msec (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



Half Power Beam Width HPBW

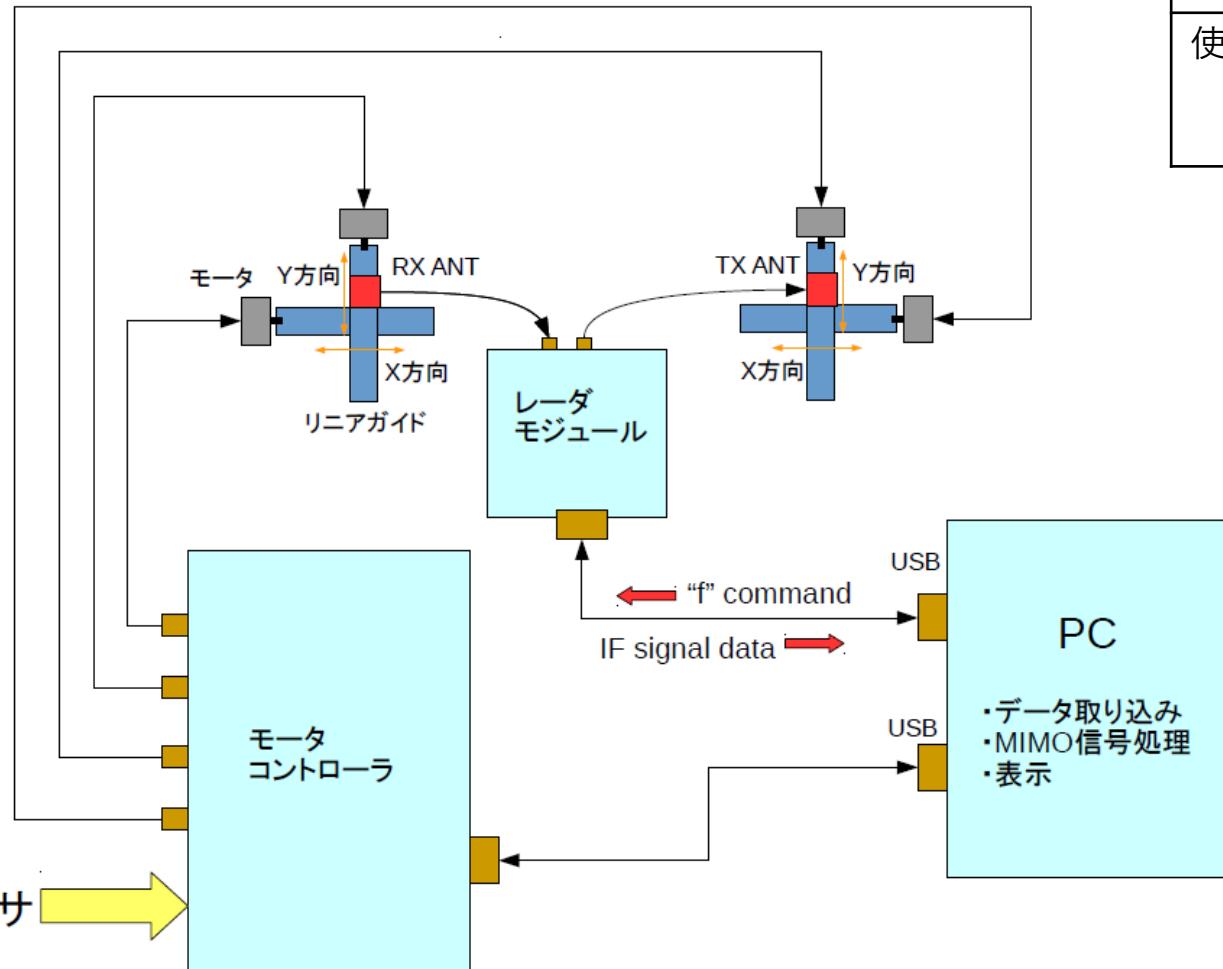
X-plane	21	degree	22 degree max
Y-plane	19	degree	20 degree max
Antenna Gain	18.0	dBi	17.5 dBi min

1): 技術基準適合証明取得済み (Telec)

2): RCS 30dBsm

24GHz POC による要素確認

システム・セットアップ概要

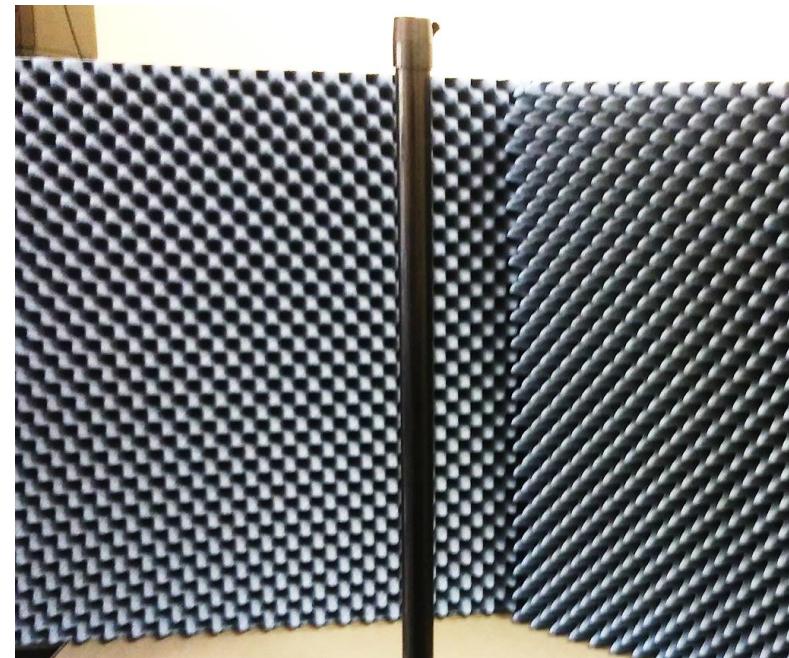
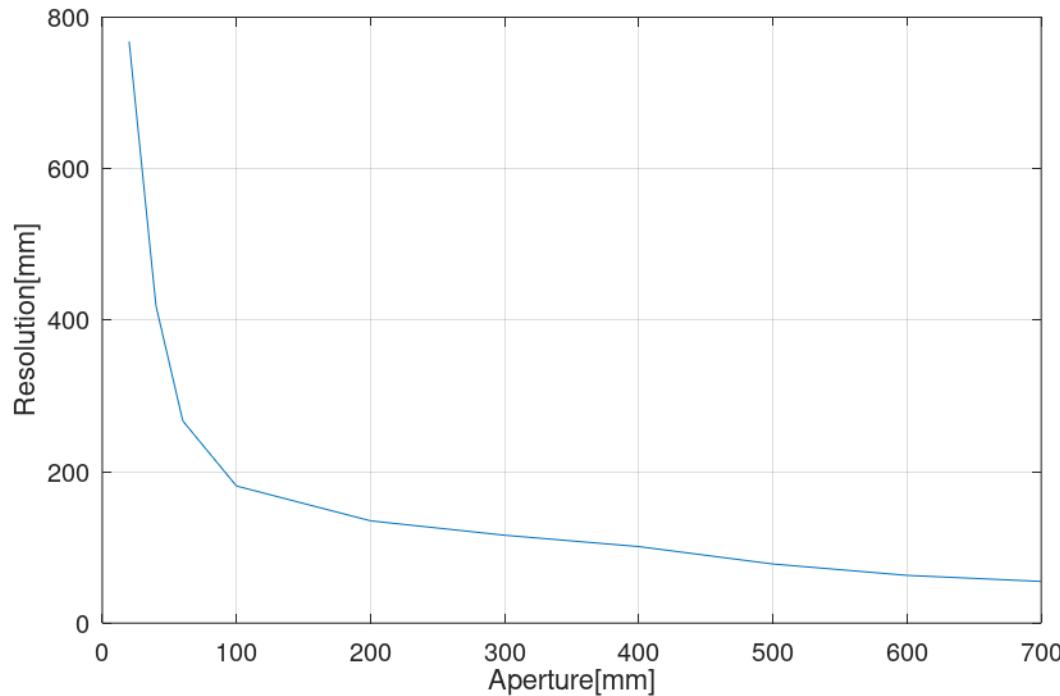


レーダモジュール	BGT24 demokit V2.0
走査方式	アクチュエータによるメカスキャン
使用周波数	24GHz帯 占有帯域幅 200MHz 以下 特定小電力無線機(技適取得済み)

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）

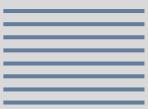


試験セットアップ(目標物 金属 $\phi 30\text{mm}$ 円筒)

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。

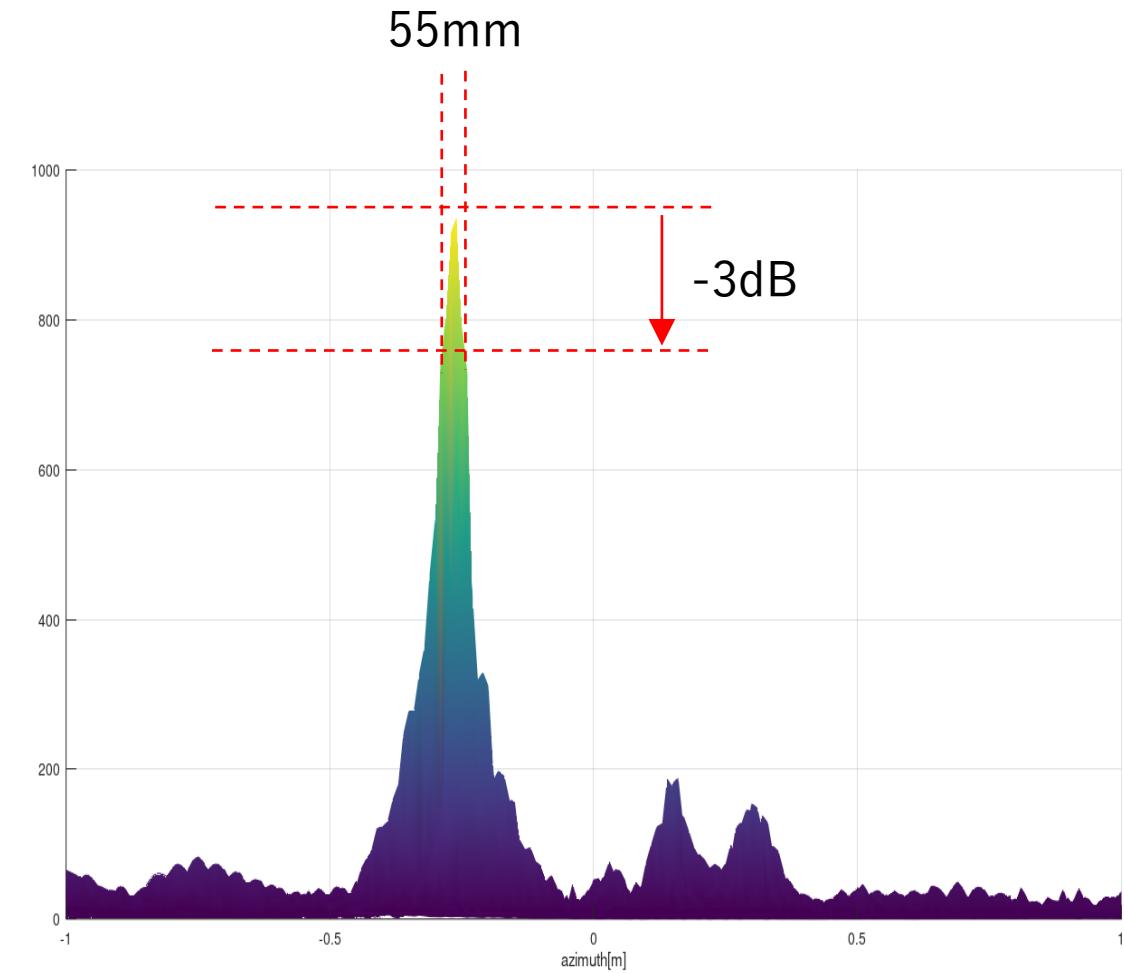
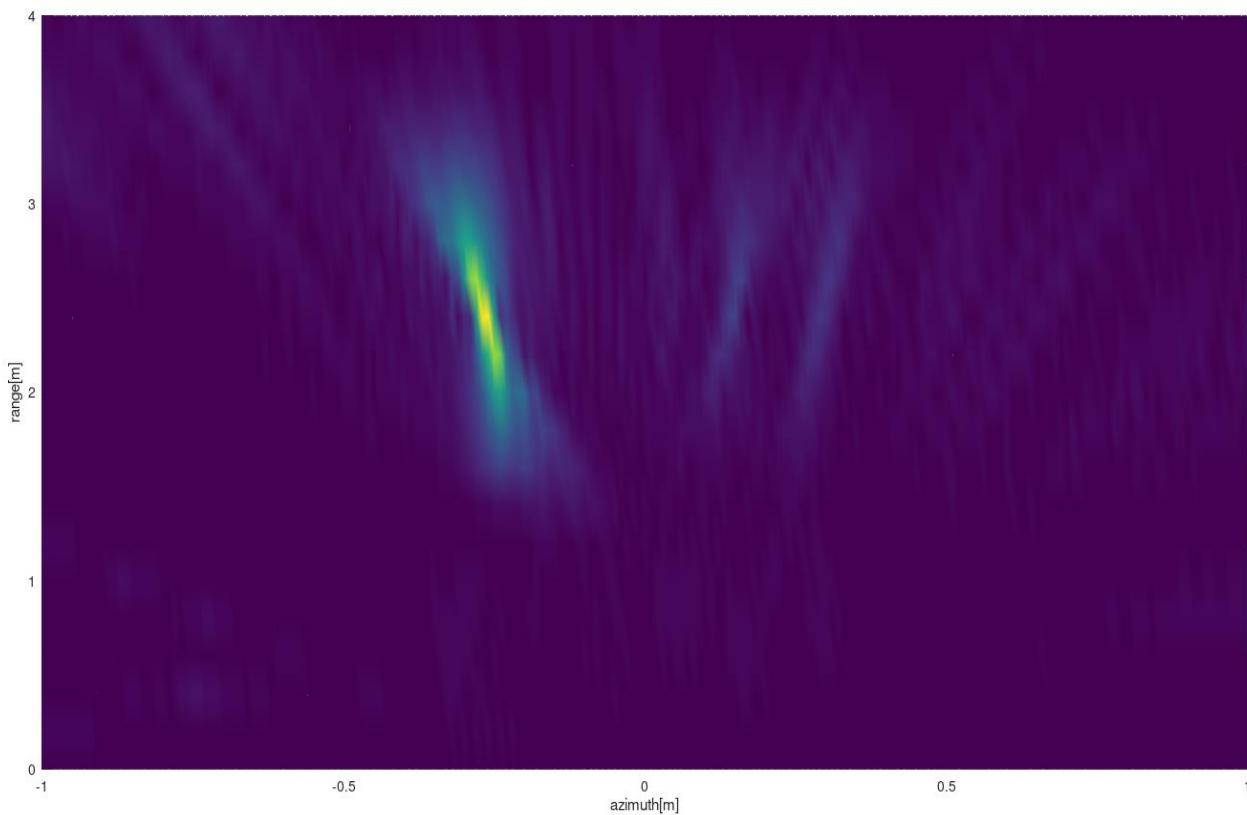
グラフで示唆されるように200mm以上の開口では解像度は4~10cm 程度となり
70cmの開口では8cm程度が理論値として期待出来る。

逆に50cm開口以上では劇的な改善は見込め無い。



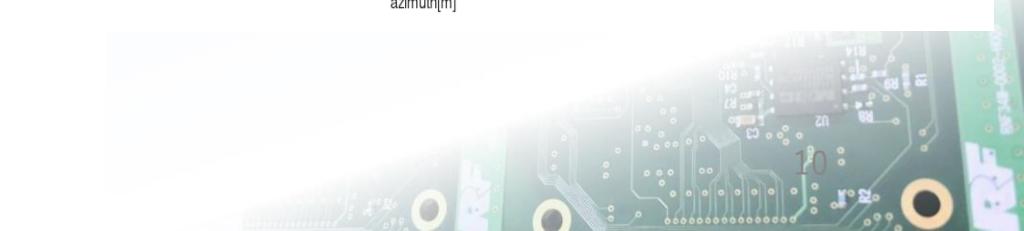
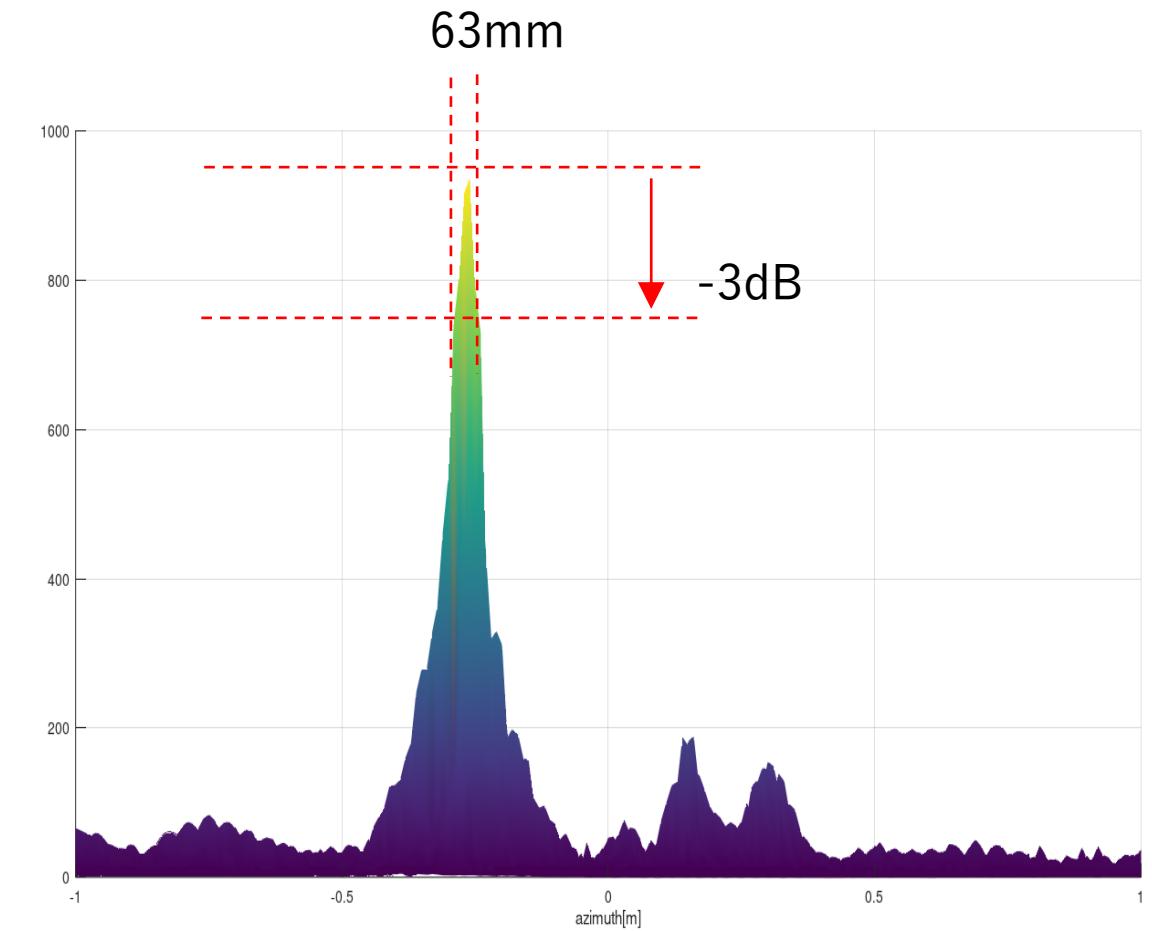
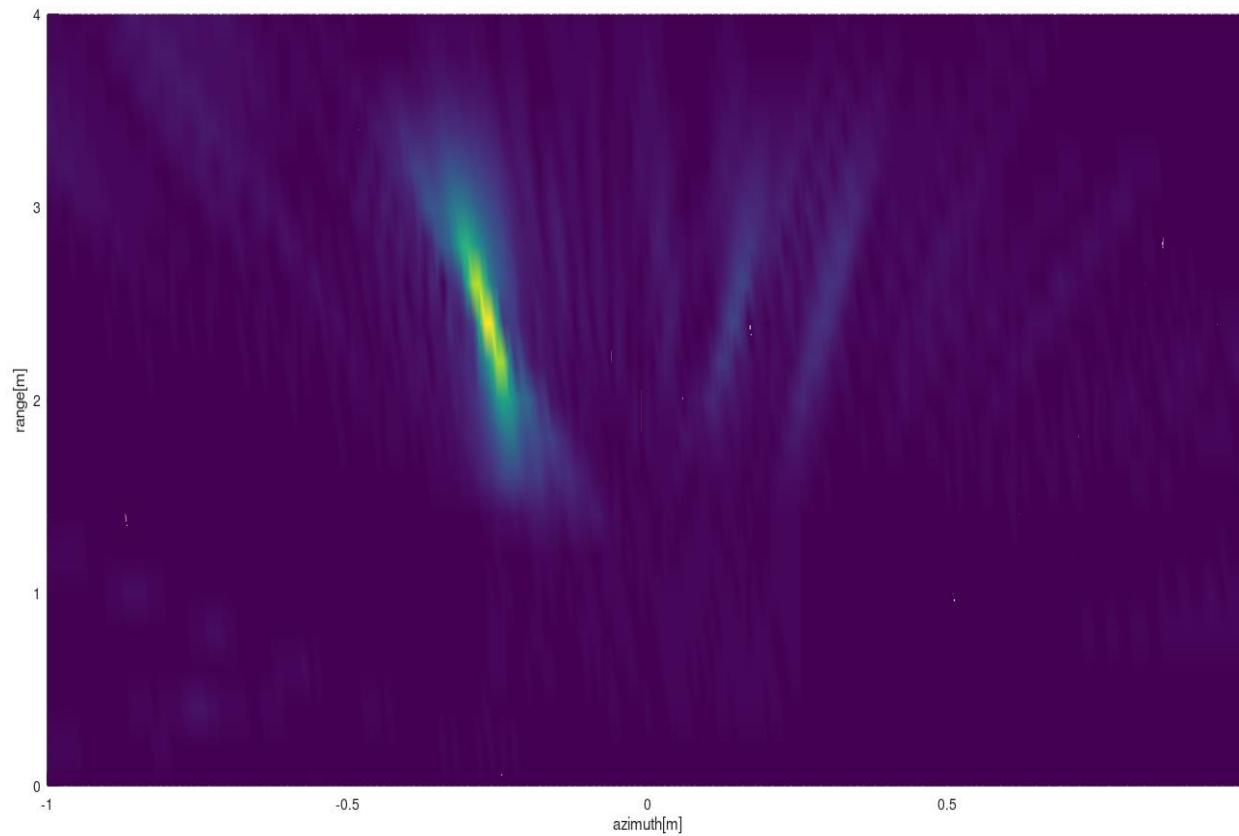
24GHz POCイメージング

開口=700mm



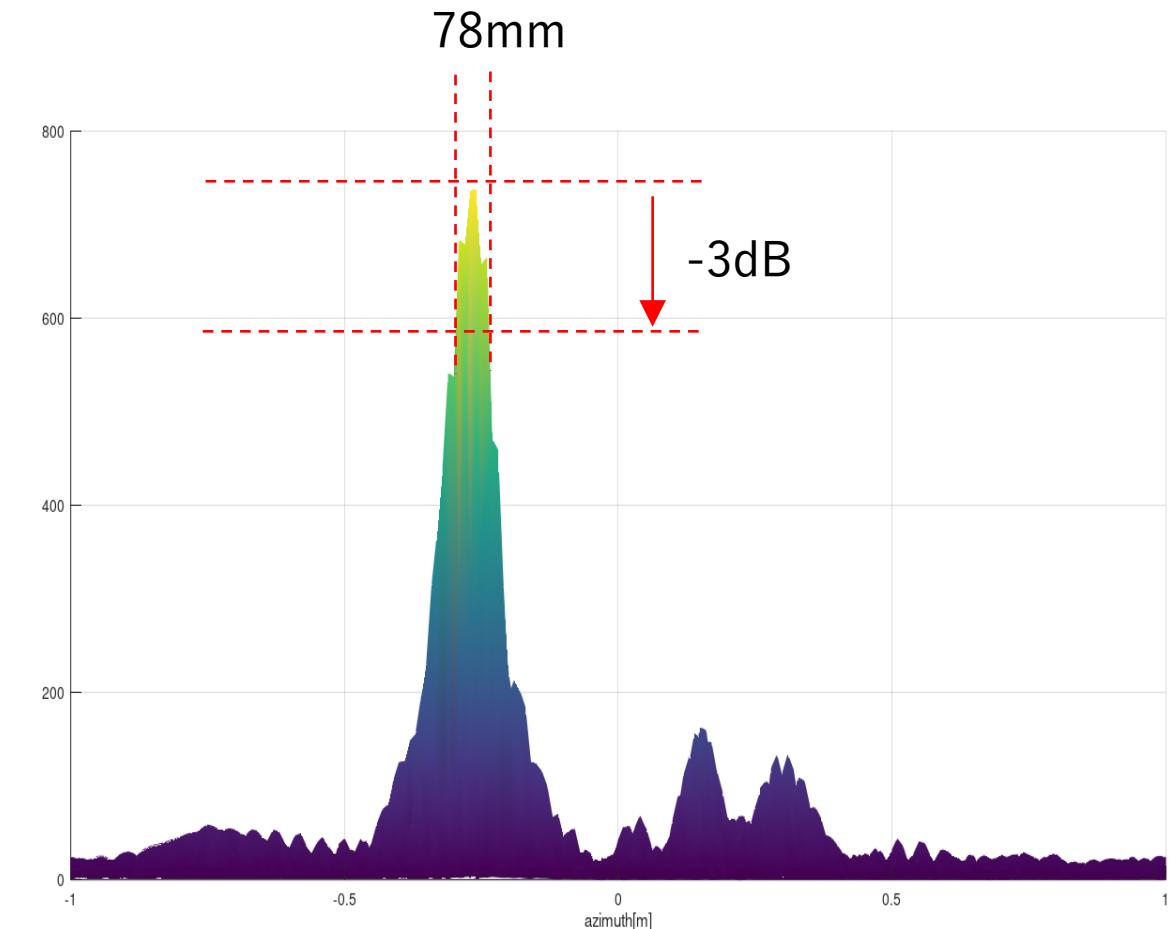
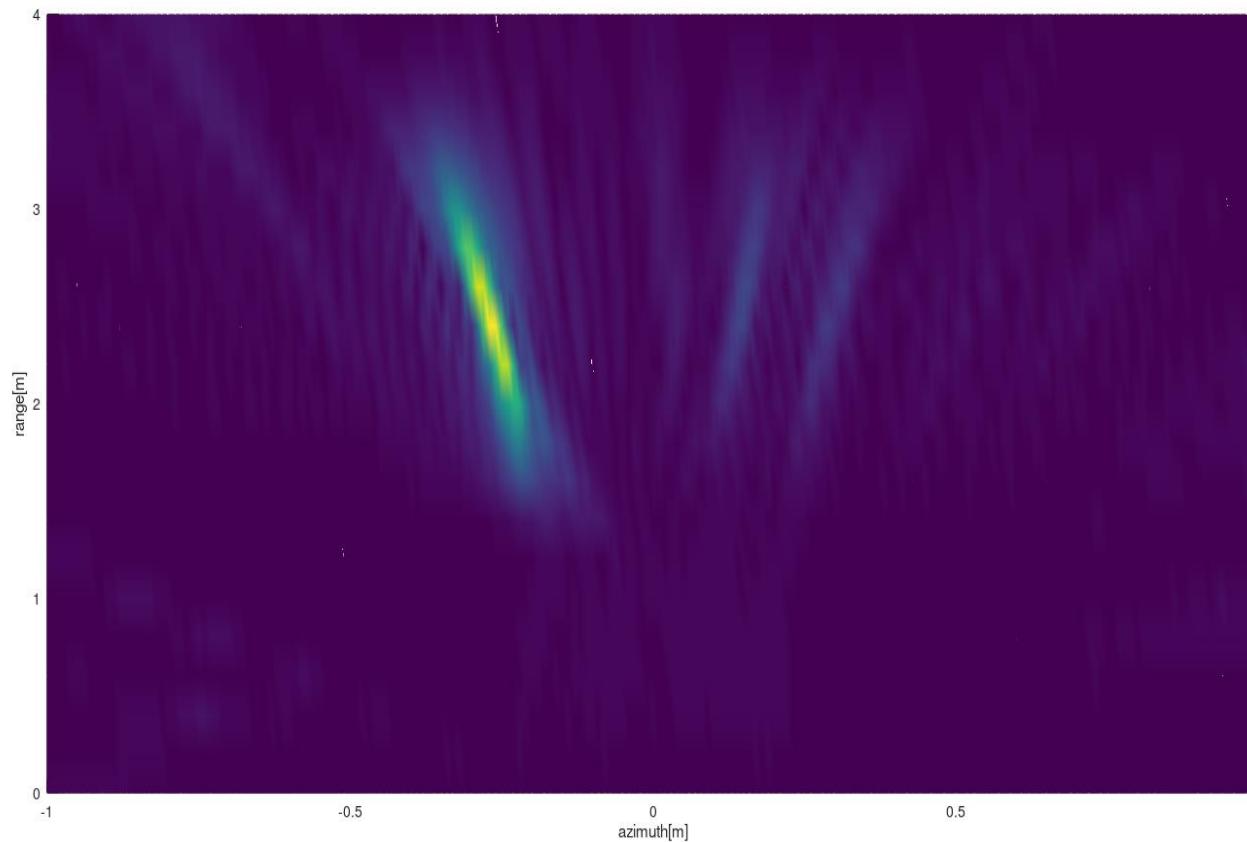
24GHz POCイメージング

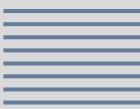
開口=600mm



24GHz POCイメージング

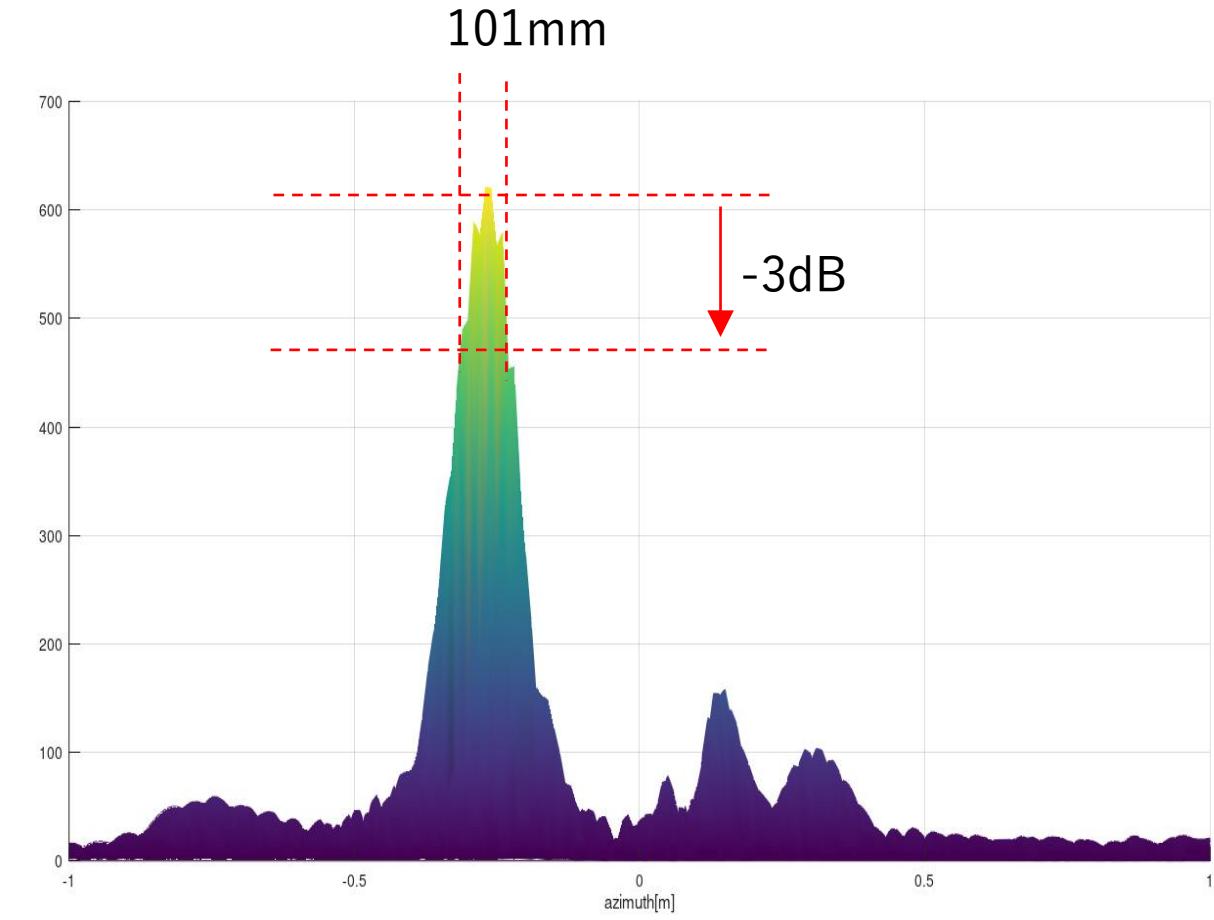
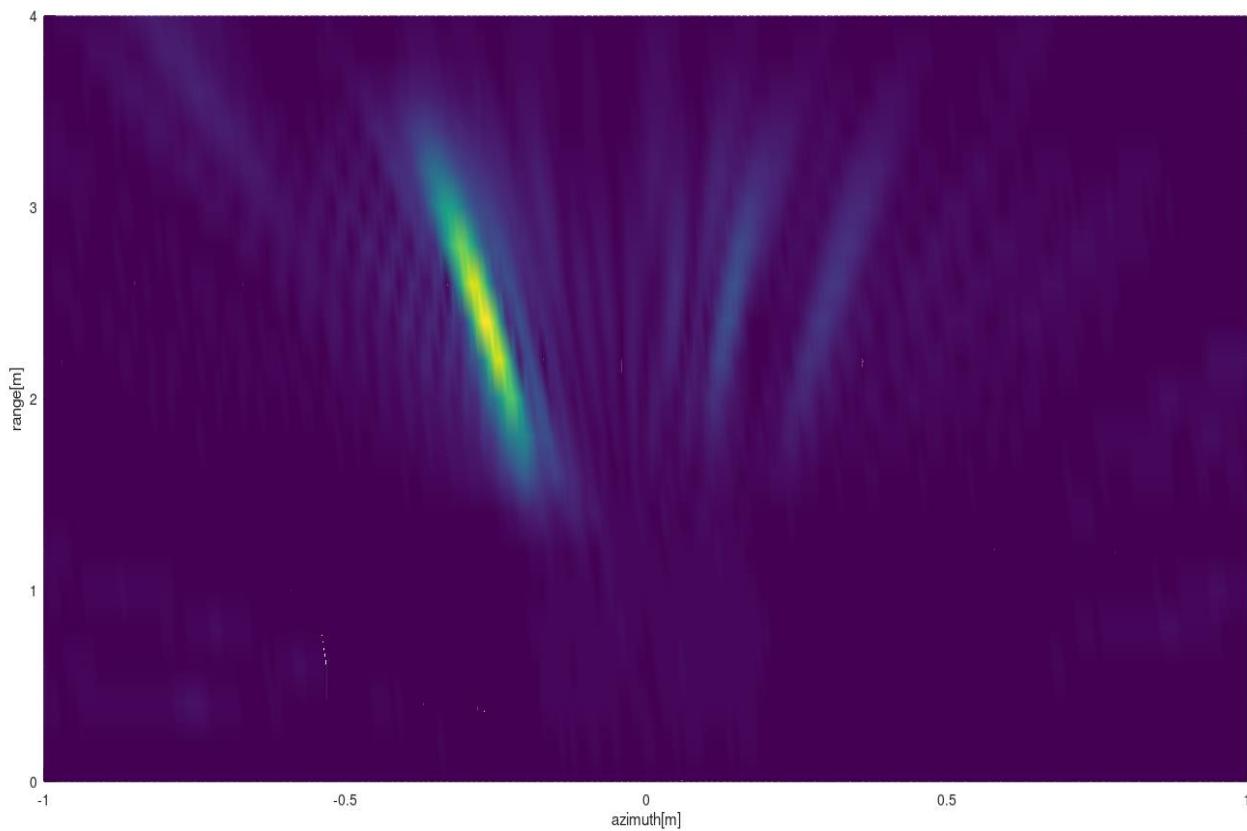
開口=500mm





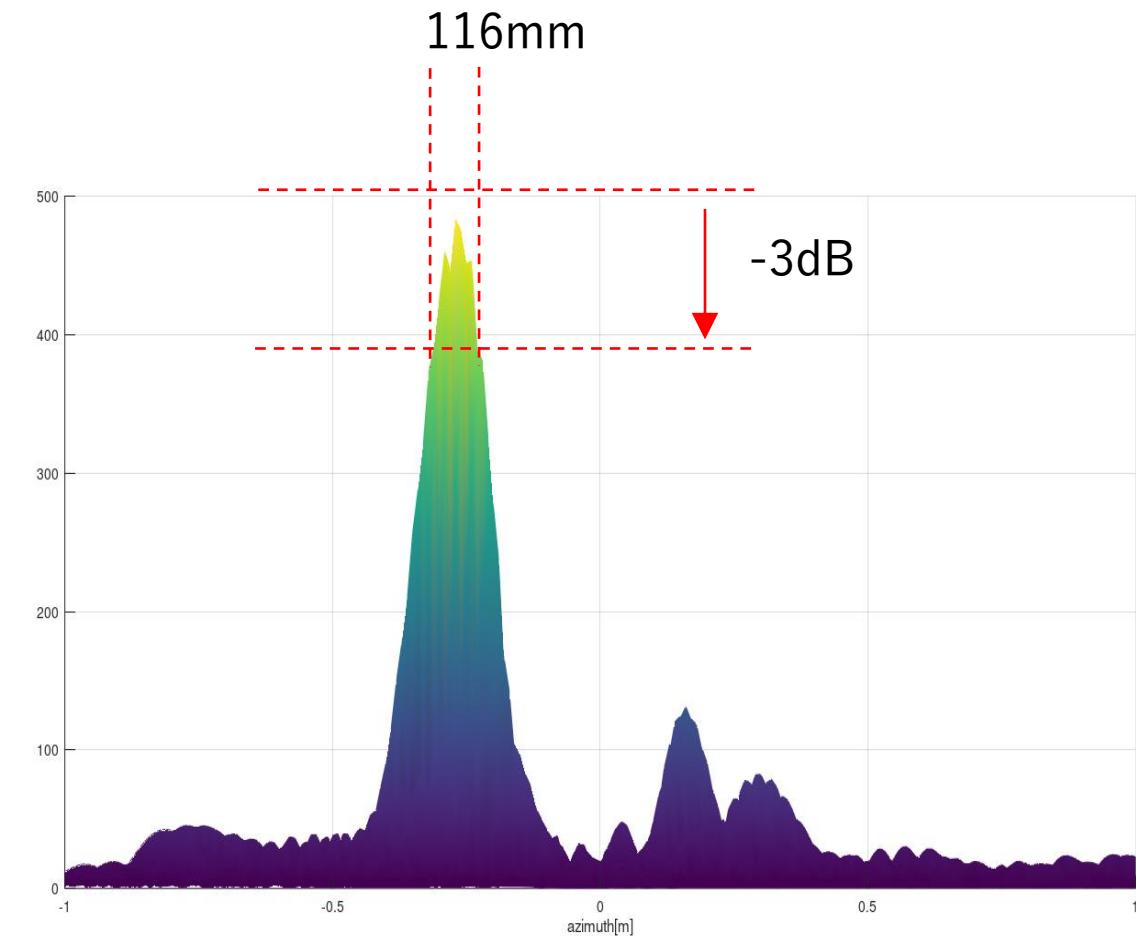
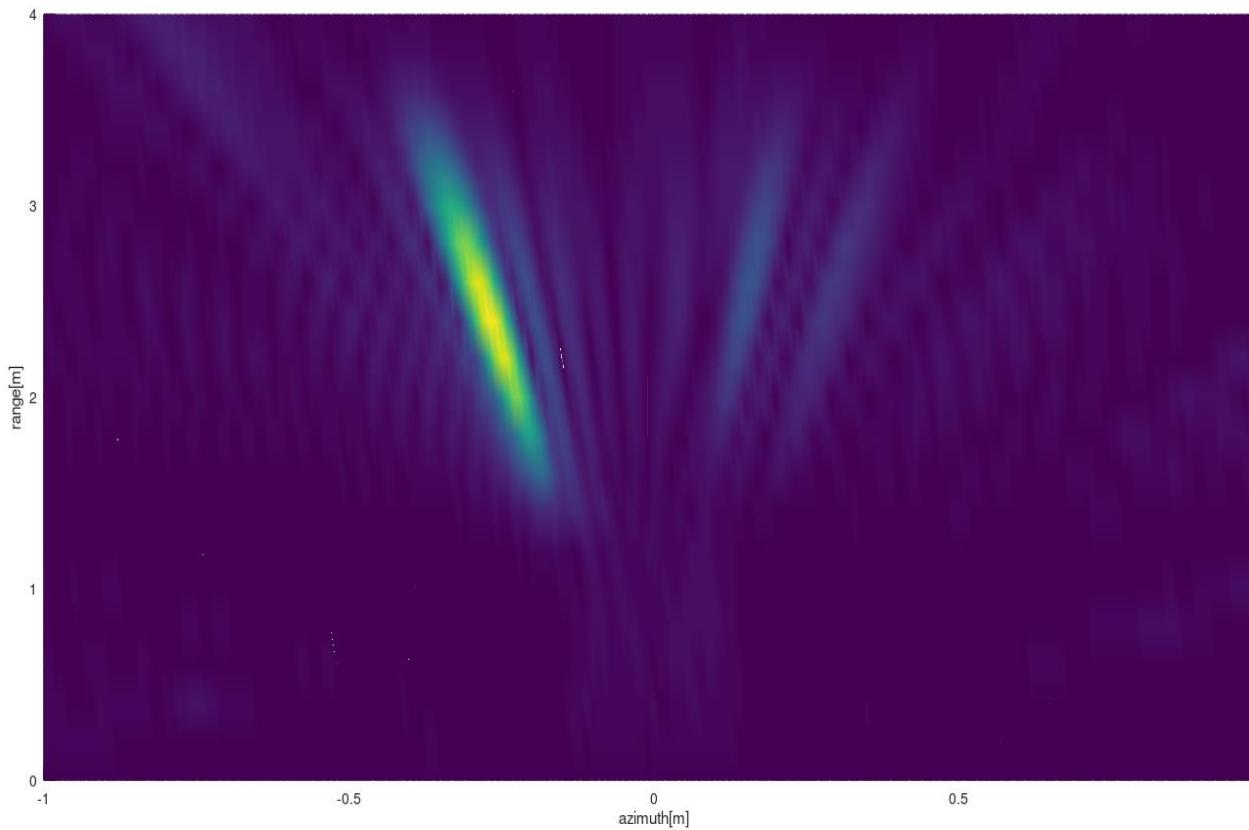
24GHz POCイメージング

開口=400mm



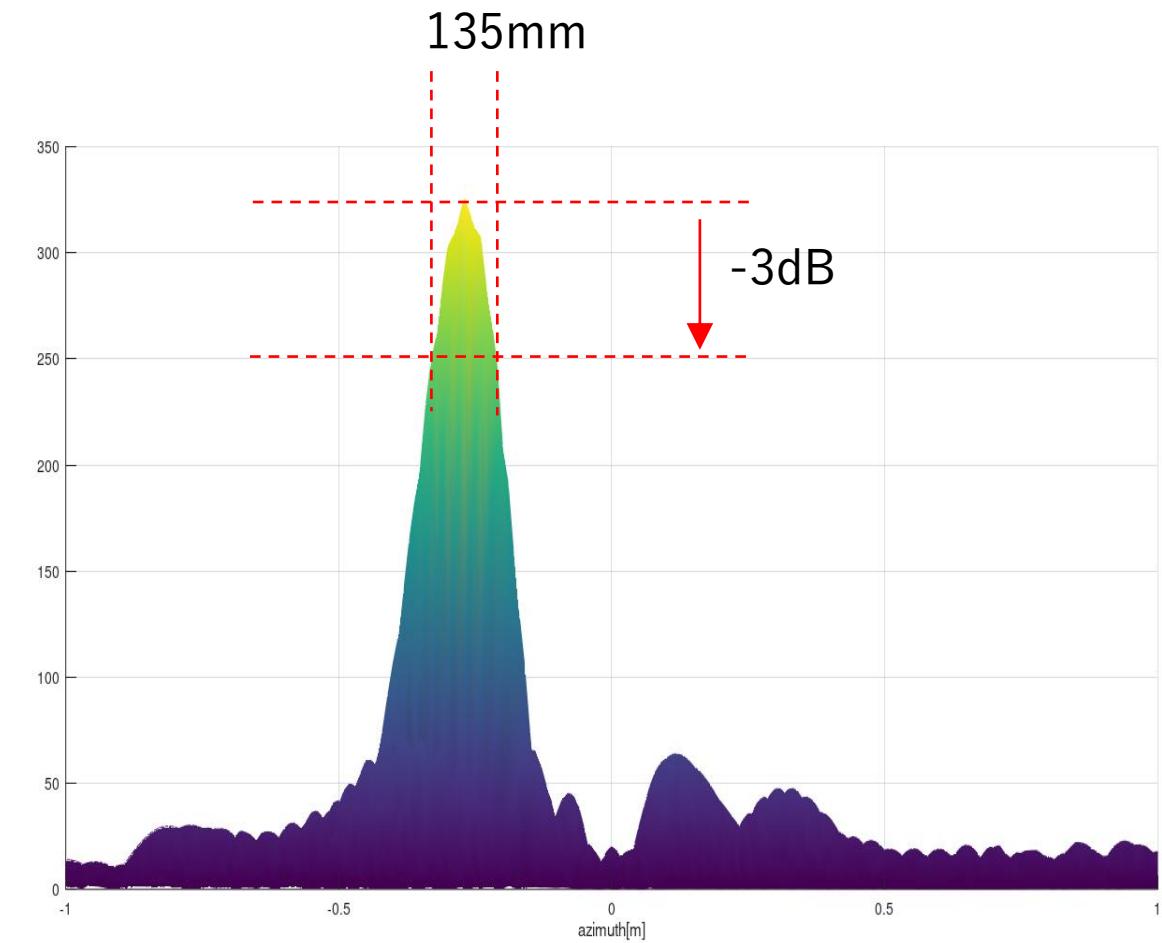
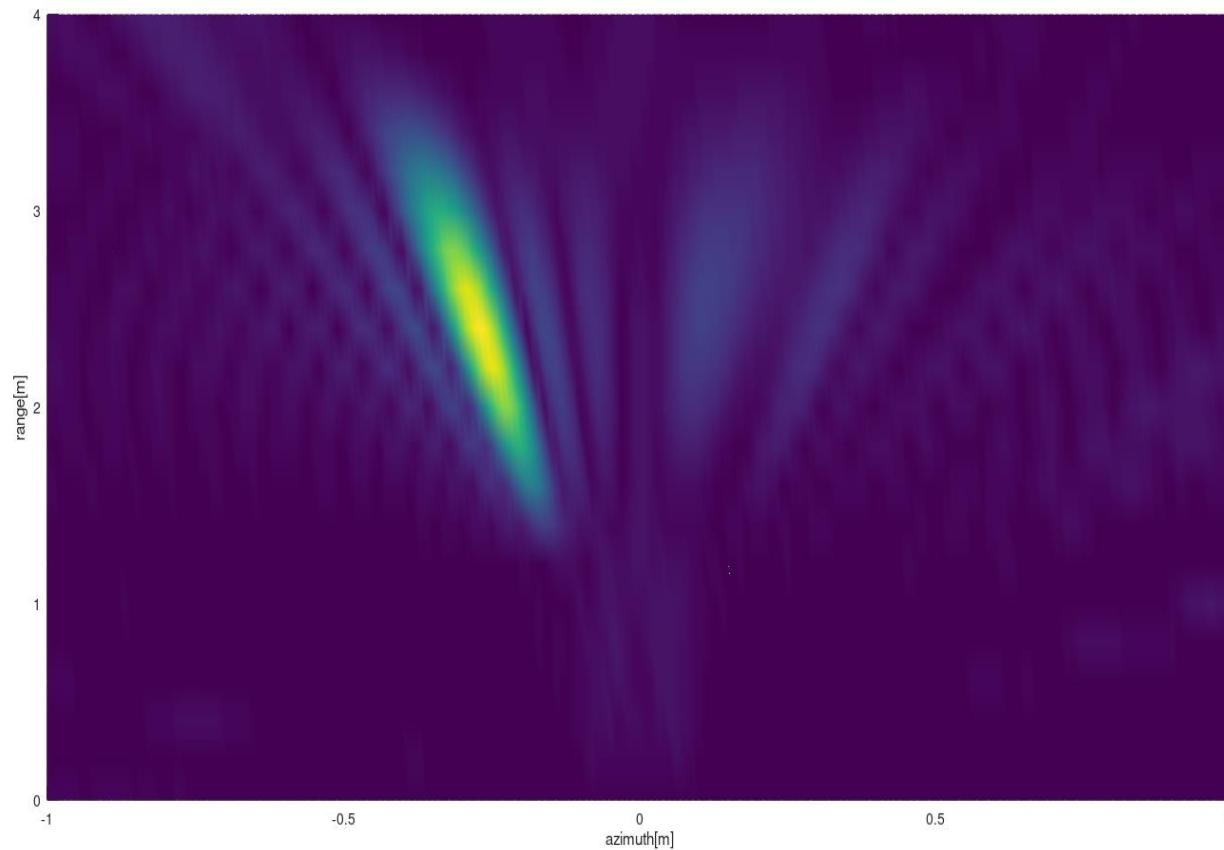
24GHz POCイメージング

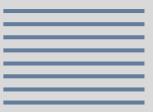
開口=300mm



24GHz POCイメージング

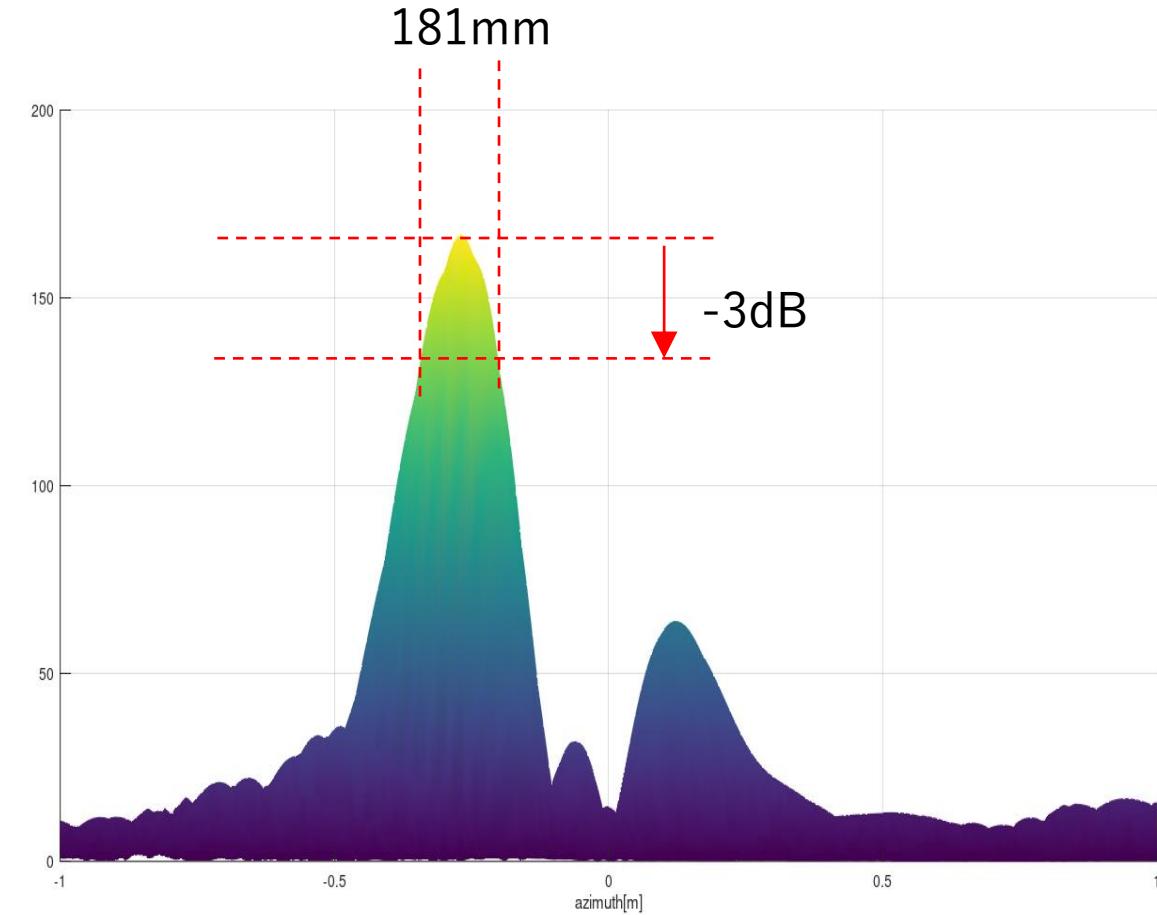
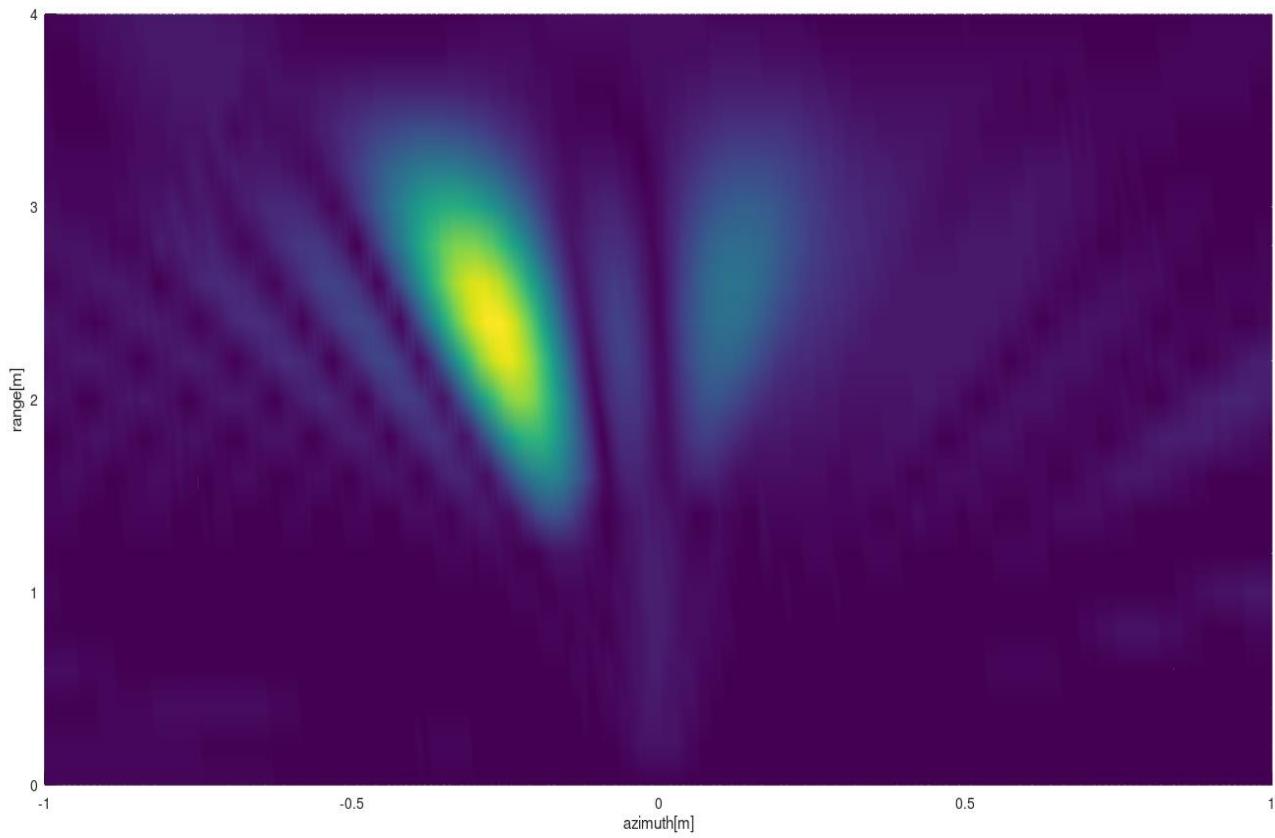
開口=200mm



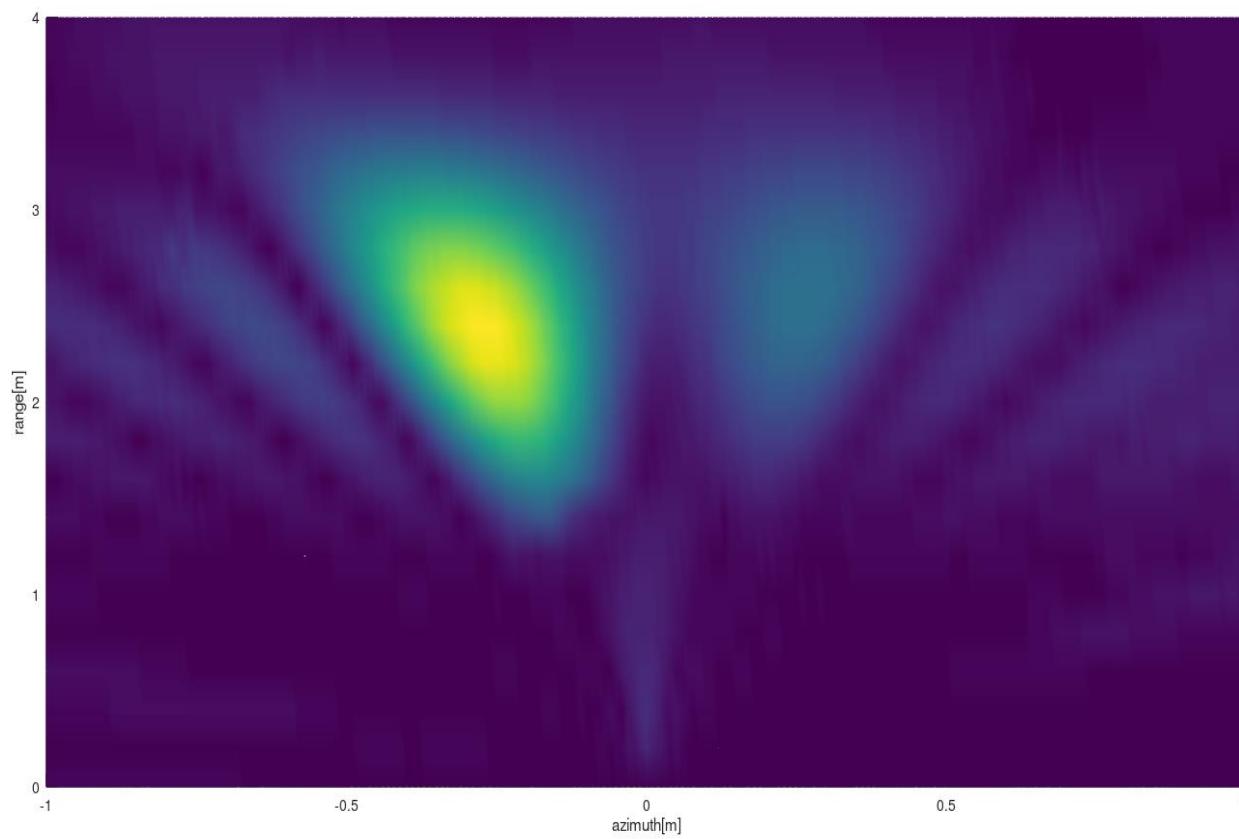


24GHz POCイメージング

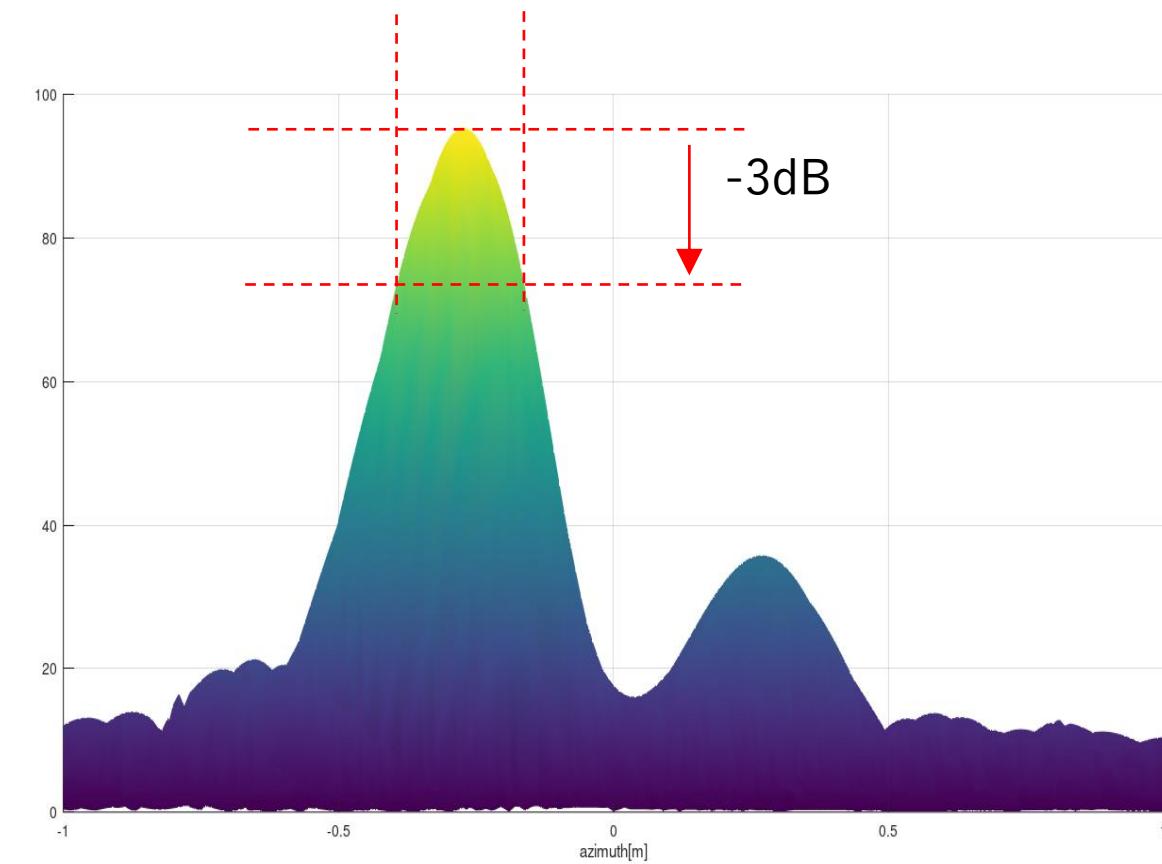
開口=100mm



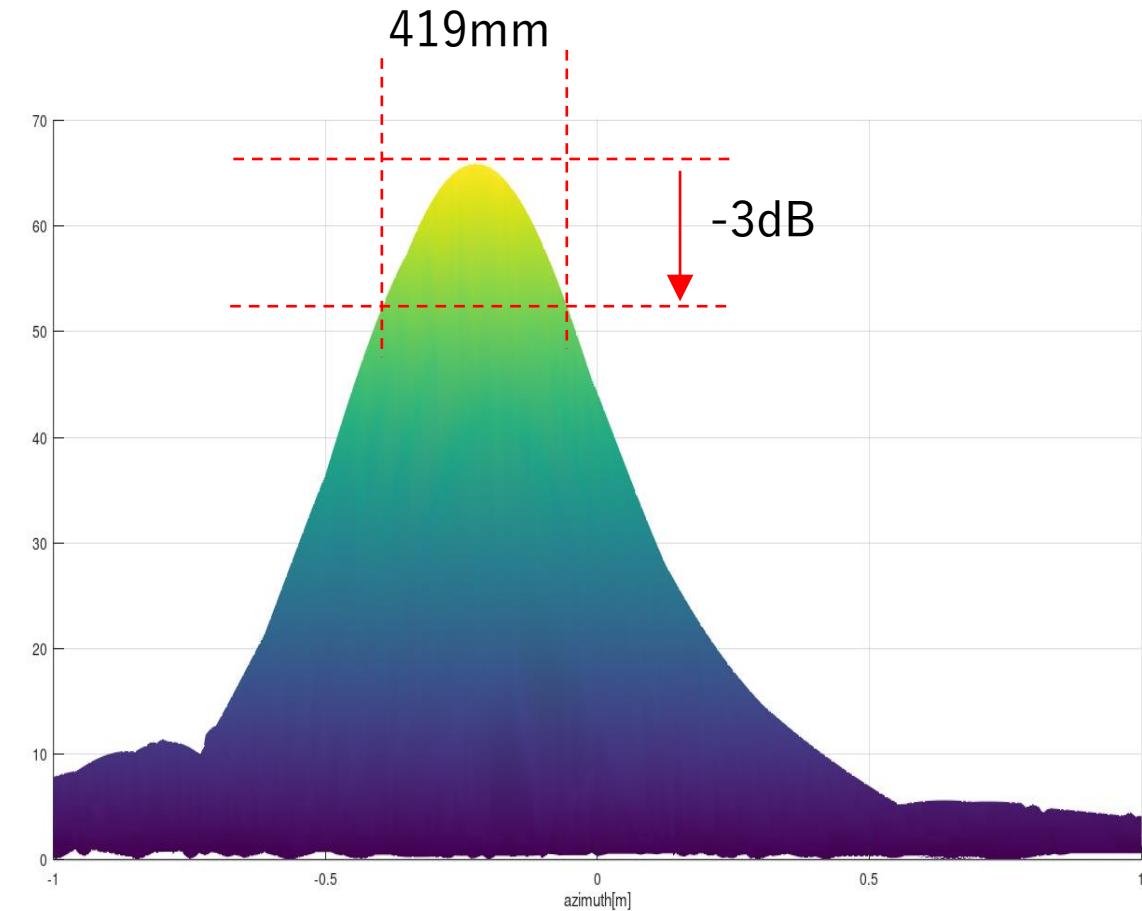
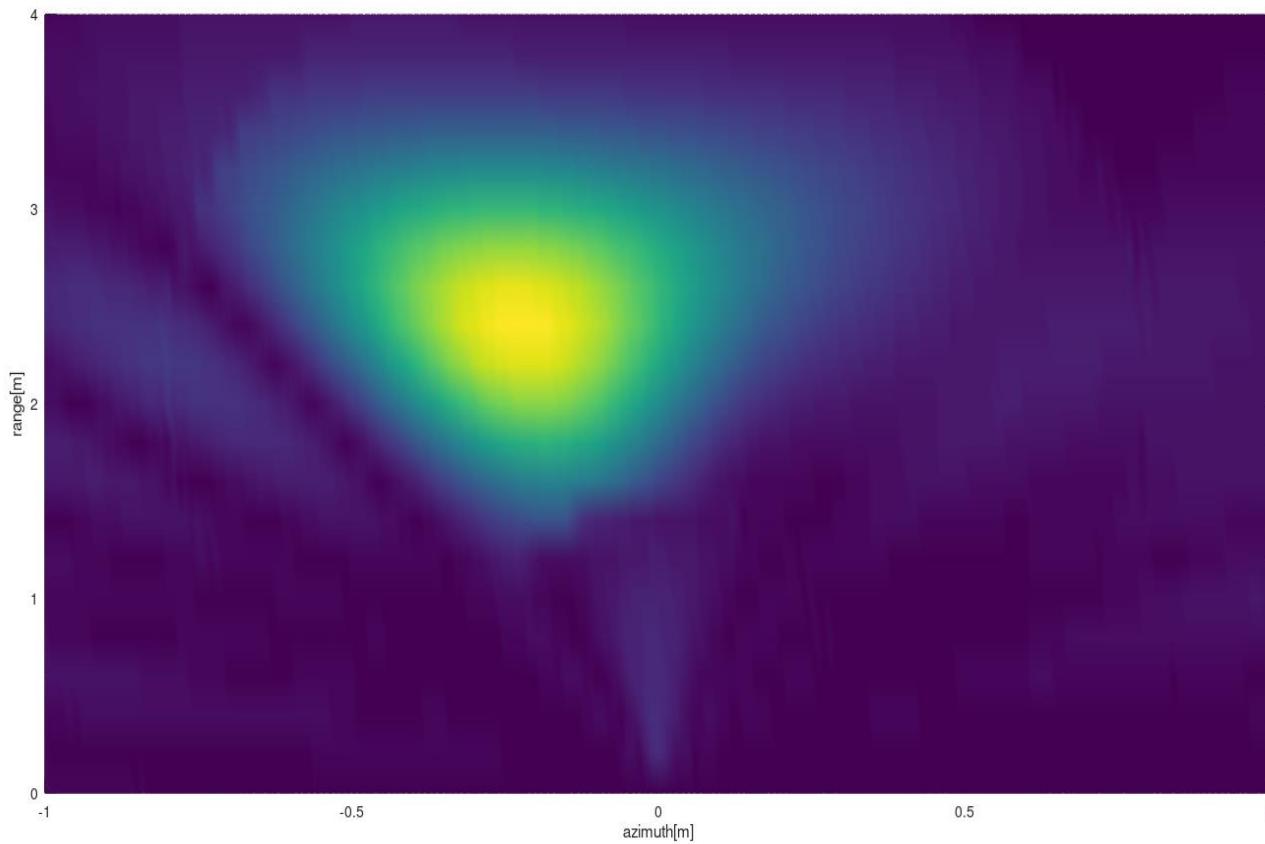
開口=60mm

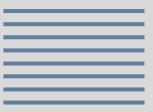


267mm



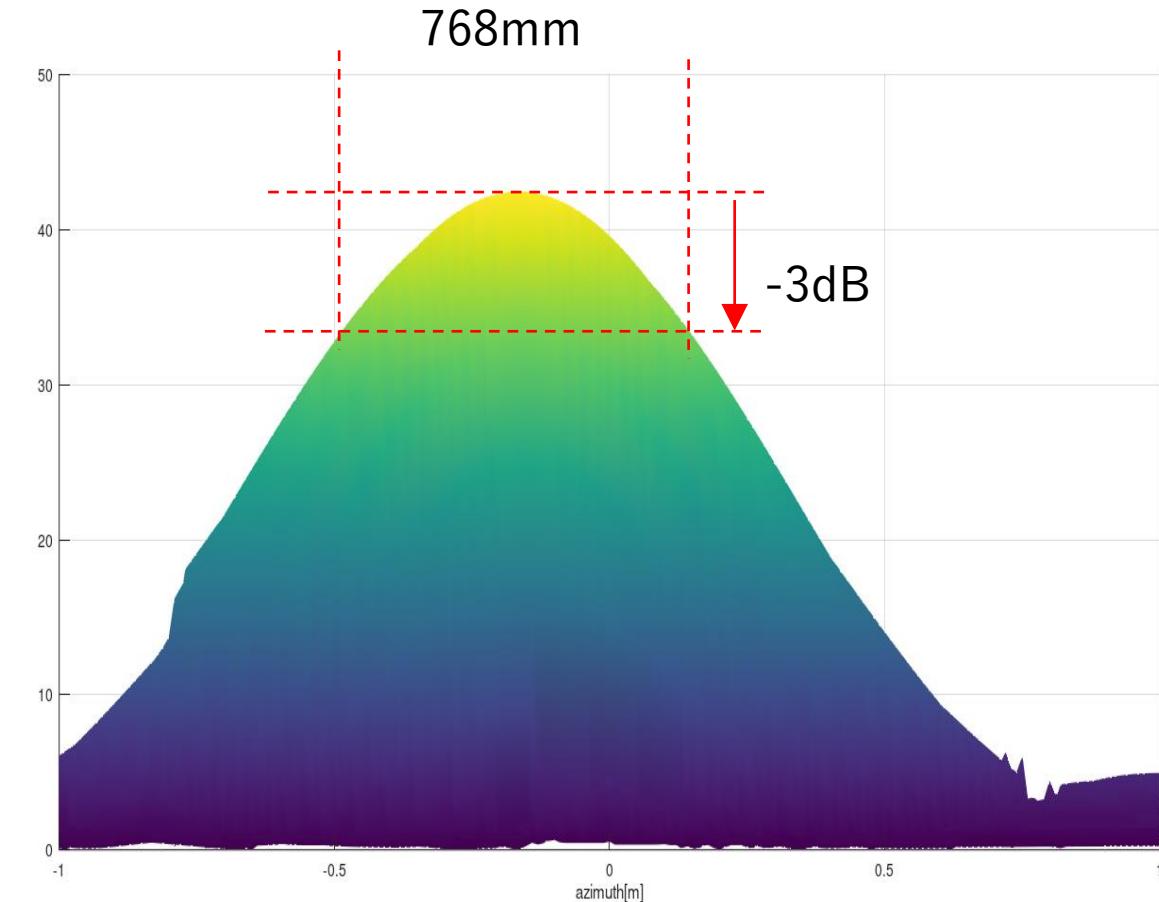
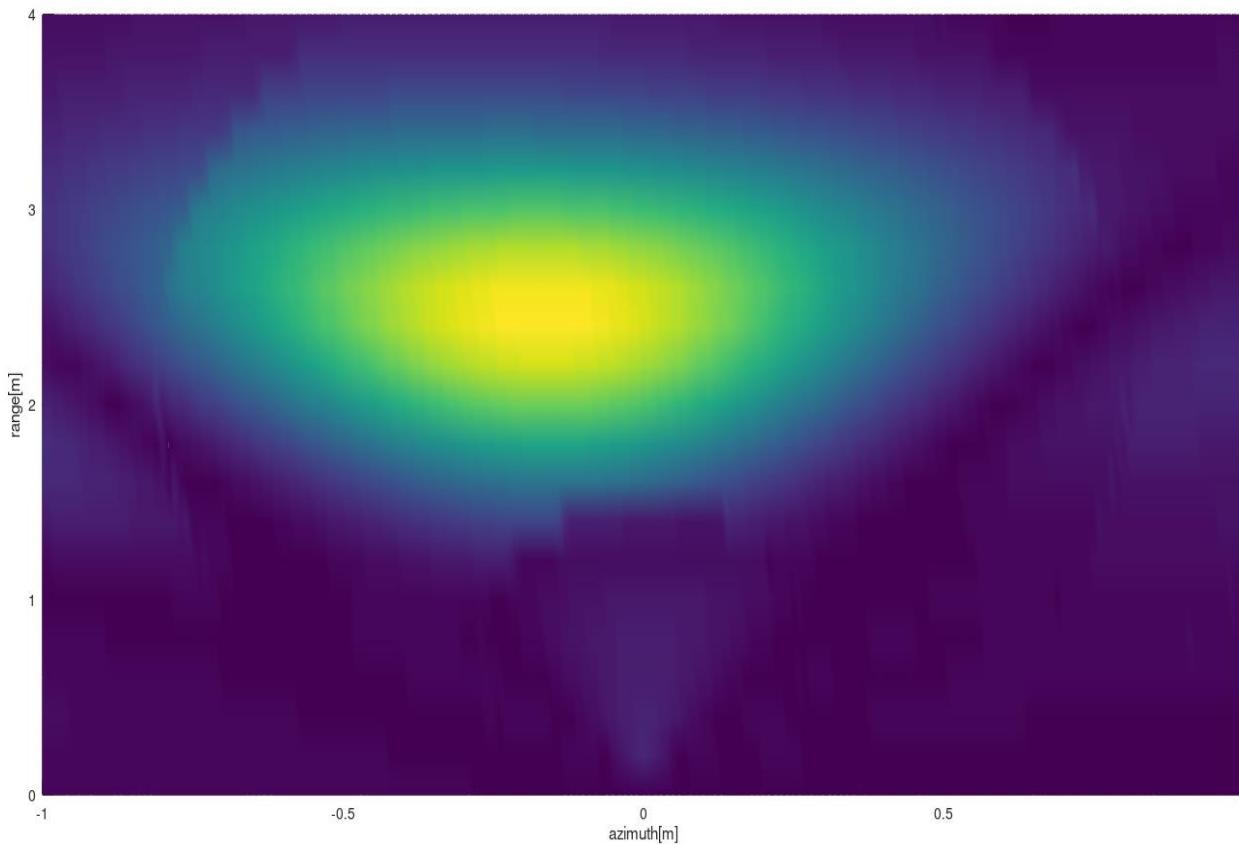
開口=40mm

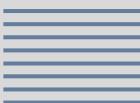




24GHz POCイメージング

開口=20mm





77GHz/ 79GHz 各種ミリ波レーダ評価キット

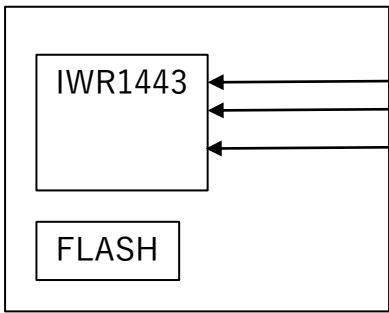
- 79GHz STD V1.1
2020.10 技適取得 (FE/BE 2枚構成) IWR1443実装
- 79GHz STD V2.0
RawData取得SDKモデル(IWR1843搭載), DCA1000EVMとの接続が可能
※ アンテナ・カスタマイズ設計対応
- 79GHz STD V2.1
製品設計による廉価化を実現したモデル(IWR1843搭載)
※ アンテナ・カスタマイズ設計対応
- MultiChip CASCADE RADAR (AWR2243搭載)
 - i. 79GHz 2CAS EVM V2 (2 chip CASCADE 3D 48MIMO Radar Front End)
 - 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



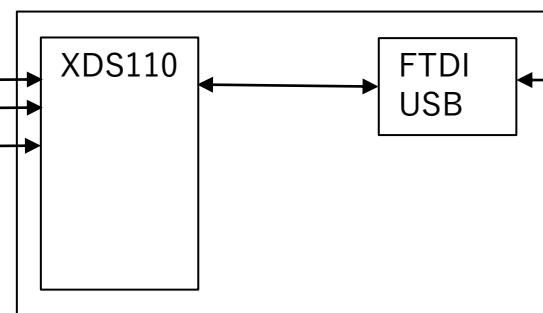
79GHz STD V1.1/ IWR1443 搭載評価キット

2020.10 技適取得 (FE/BE 2枚構成)

FE (Front End)



BE (Back End)



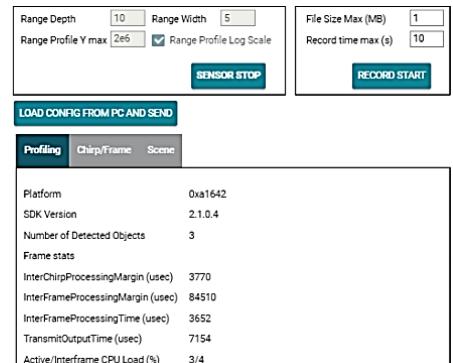
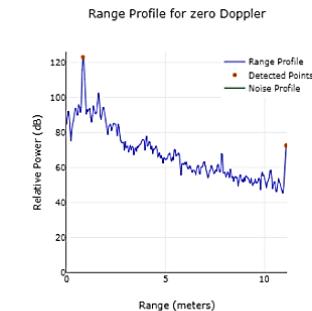
Debug

User Application

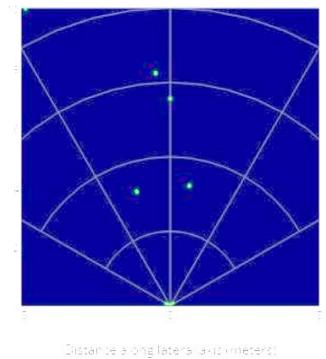


Windows PC
Visualizer (GUI)

mmWave Demo Visualizer



K-V Scatter Plot

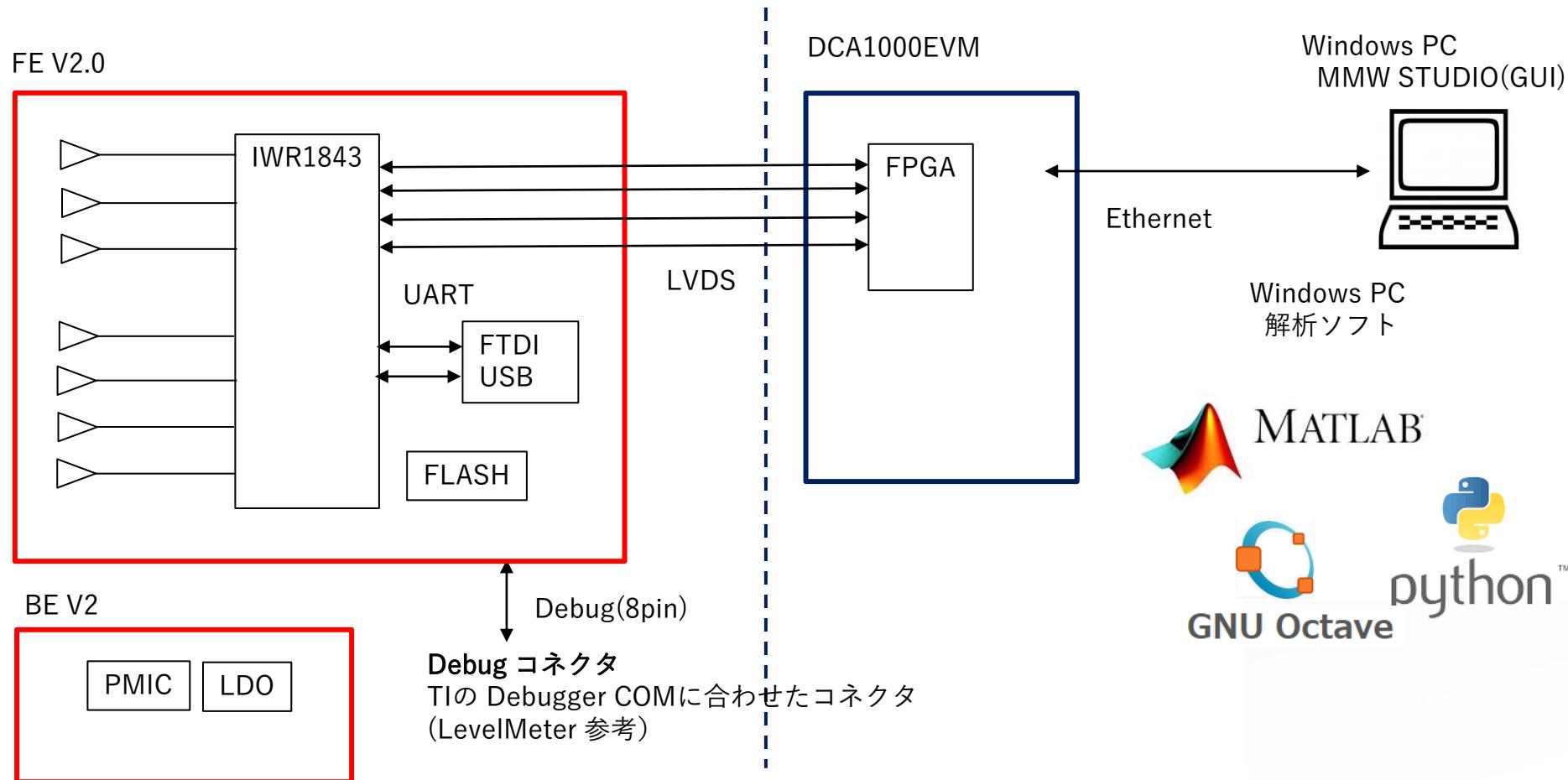


79GHz STD V2.0 / IWR1843 開発プラットホーム

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

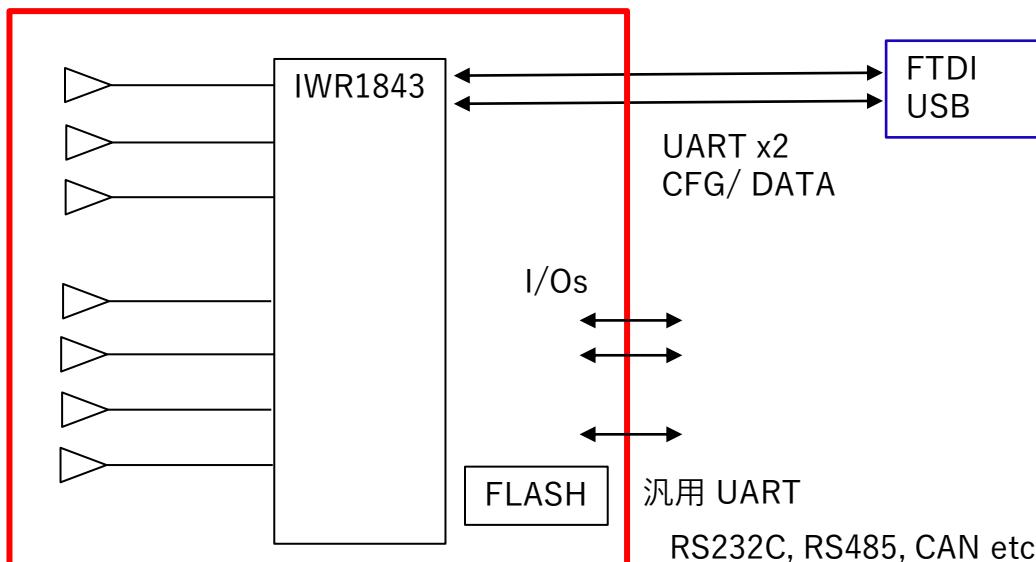
製品設計による小型・廉価化を実現したモデル(IWR1843搭載)

技適は FEのみで申請（認証機関と協議）

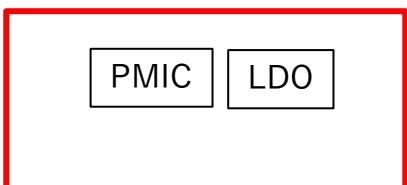
独自アンテナ設計の実装

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

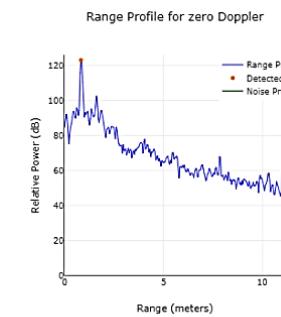
TIの Debugger COMに合わせたコネクタ(LevelMeter 参考)

Debug(8pin)

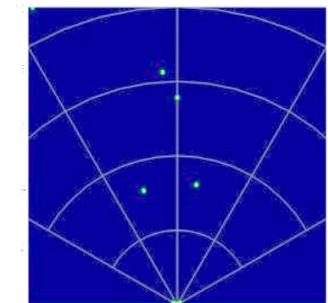


Windows PC
Visualizer (GUI)

mmWave Demo Visualizer



K-R Scatter Plot

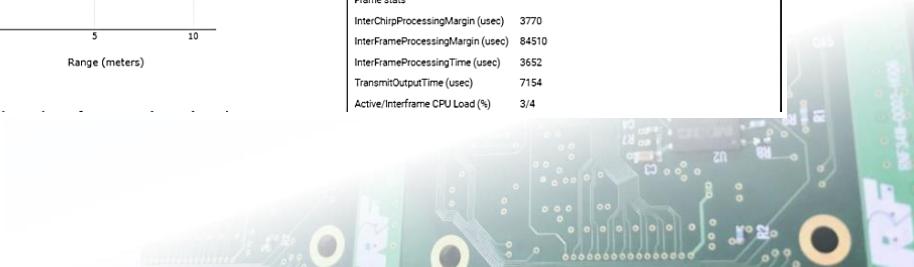


Distance along lateral axis (meters)

Range Depth	10	Range Width	5
Range Profile Y max	265	Range Profile Log Scale	<input checked="" type="checkbox"/>
File Size Max (MB)	1	Record time max (s)	10
SENSOR STOP		RECORD START	

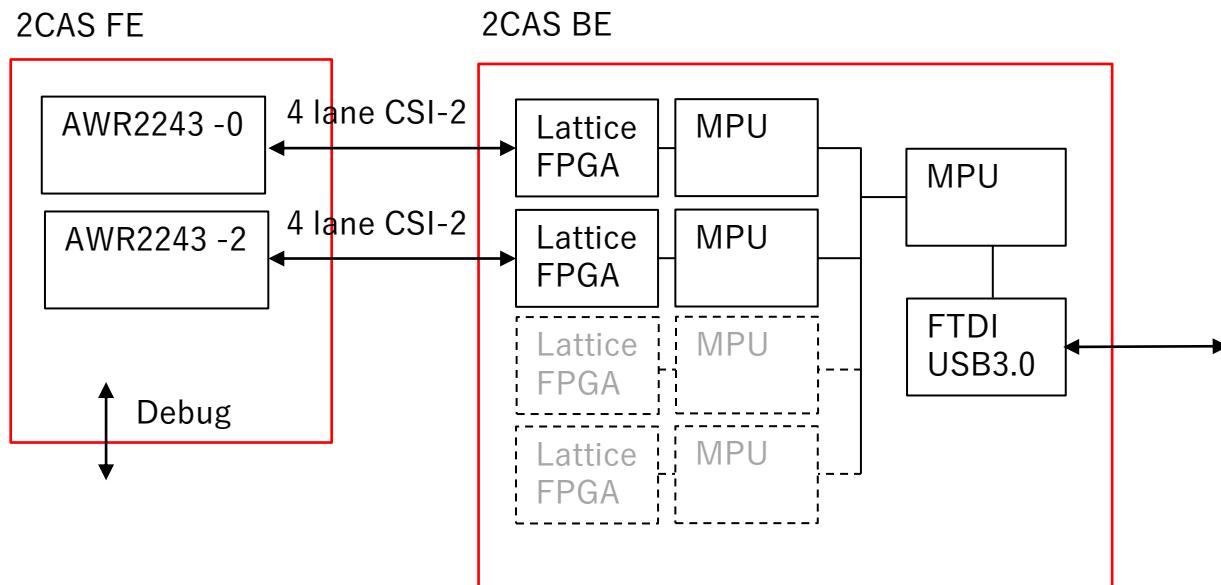
LOAD CONFIG FROM PC AND SEND

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	

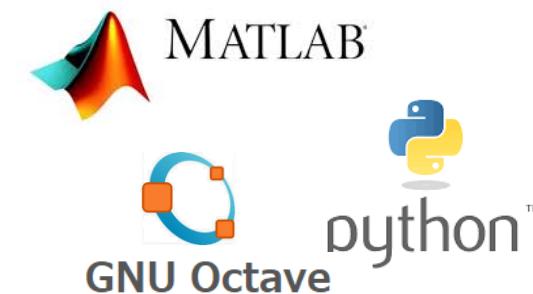


79GHz Cascade Radar Block-Dia

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

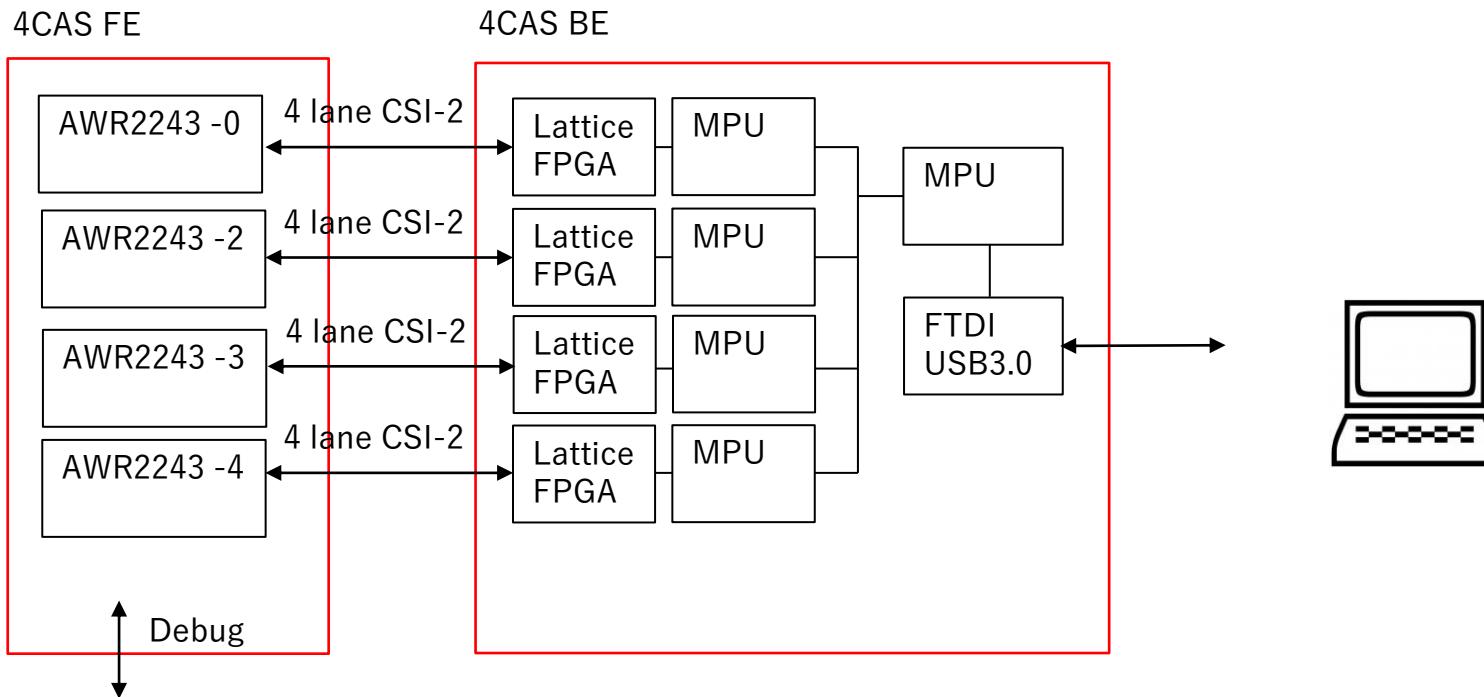


Windows PC
解析ソフト



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



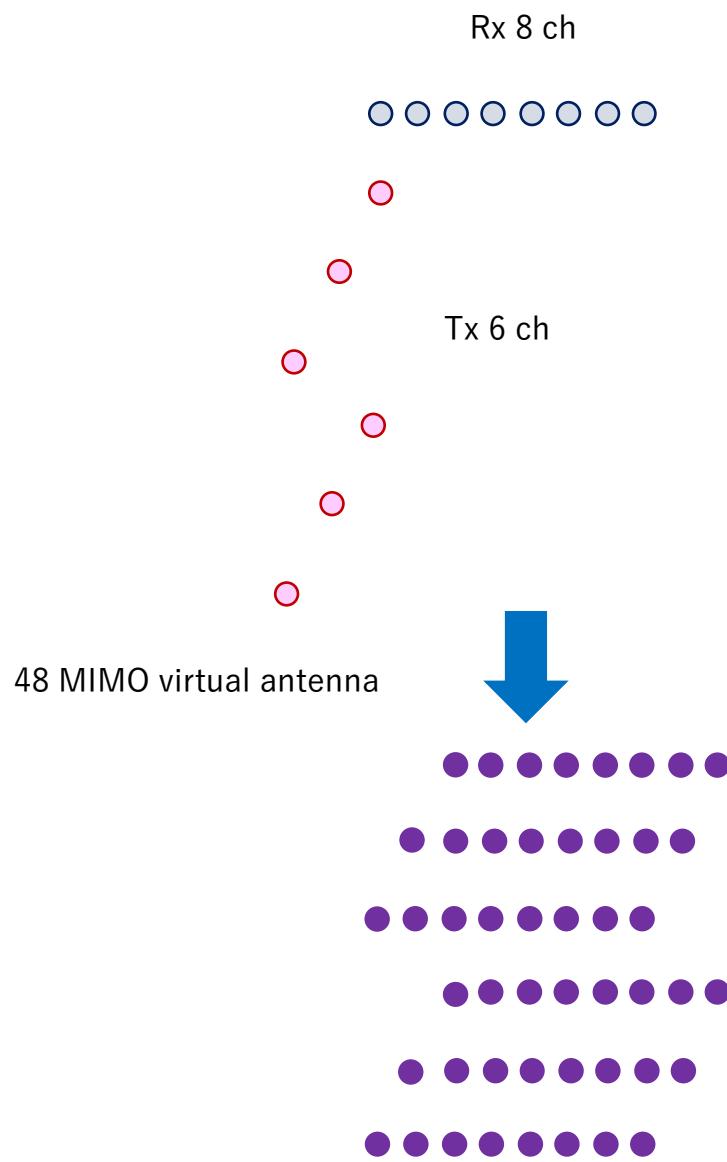
MATLAB



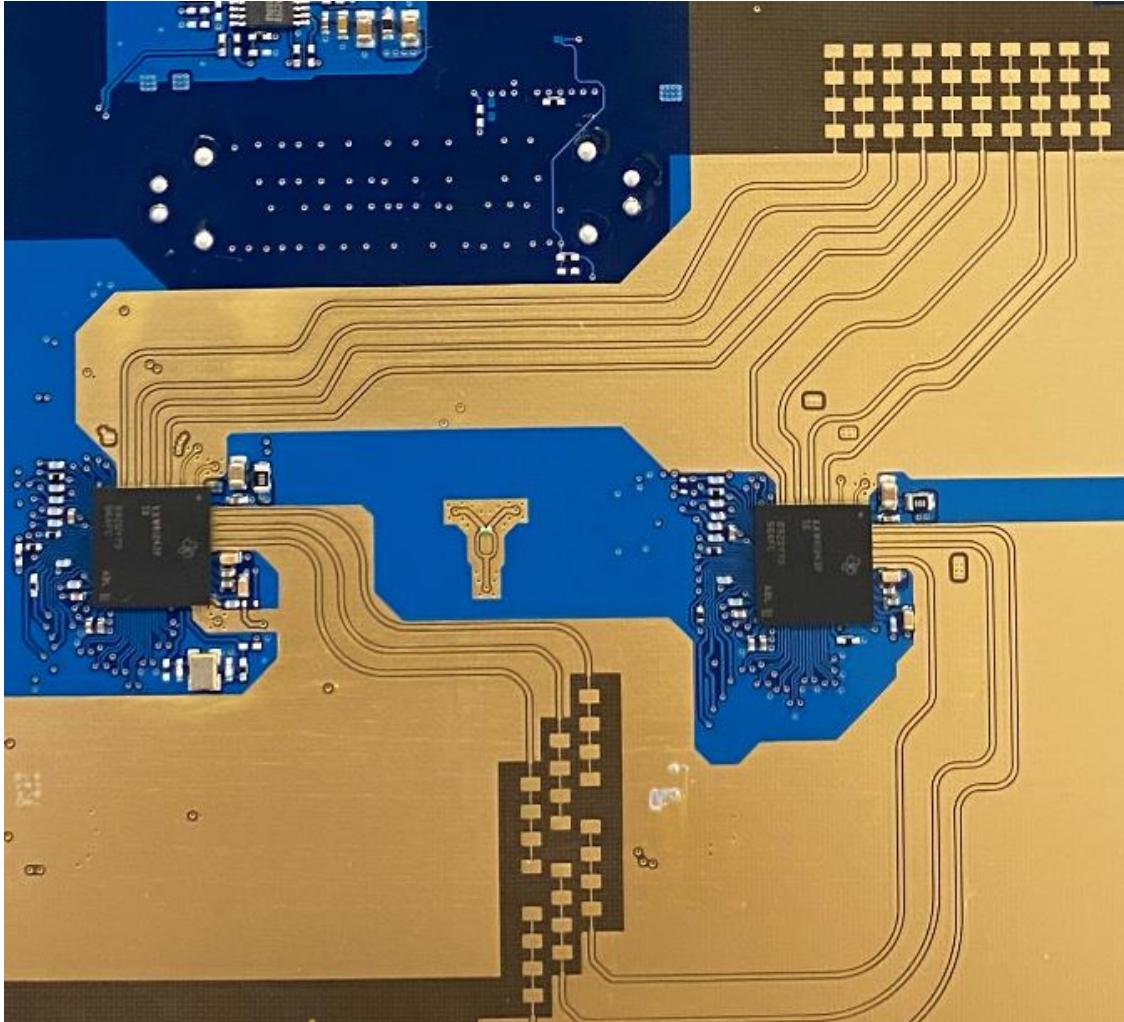
python™

GNU Octave

79GHz 2CAS EVM V2 Antenna Layout Plan



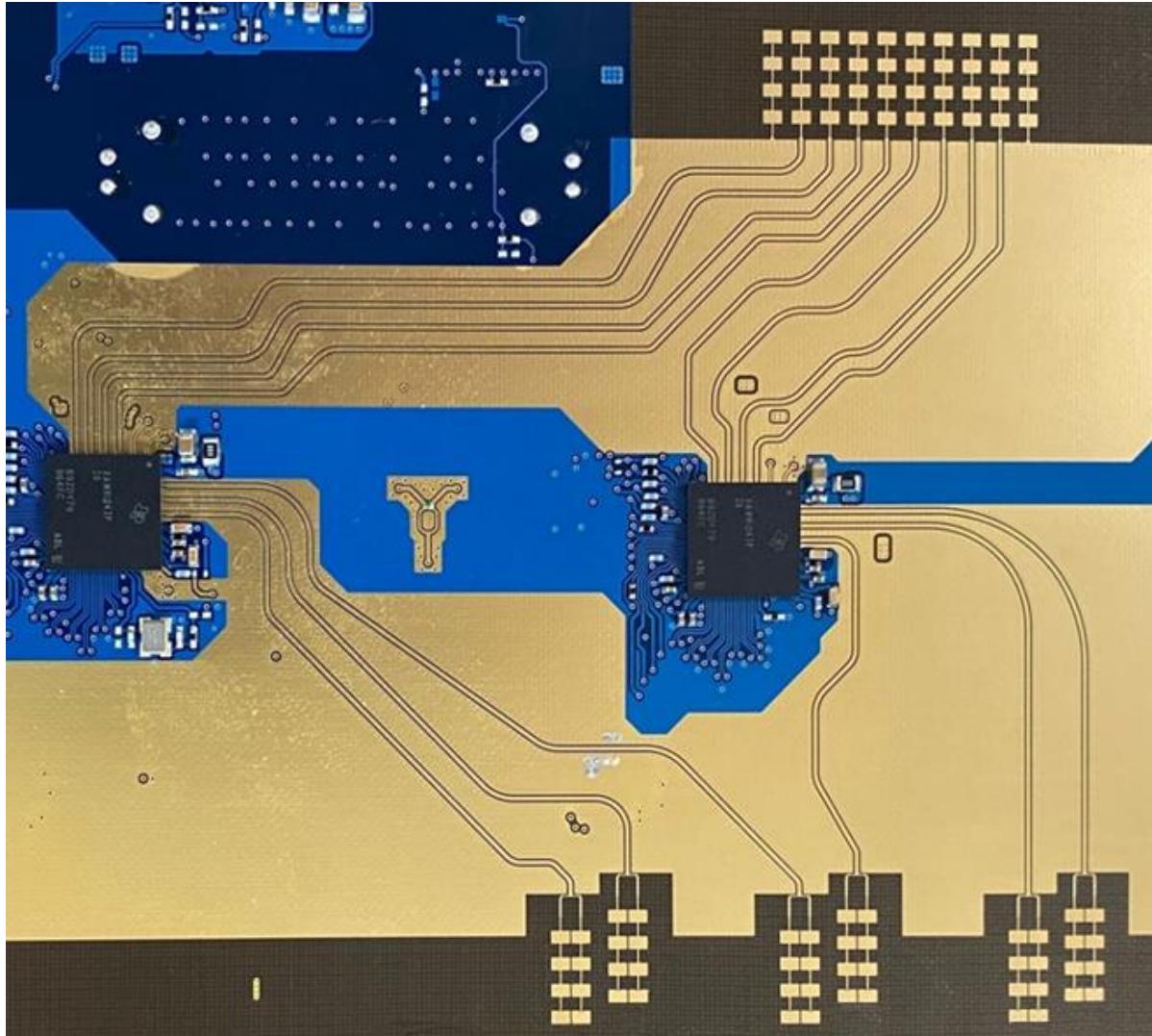
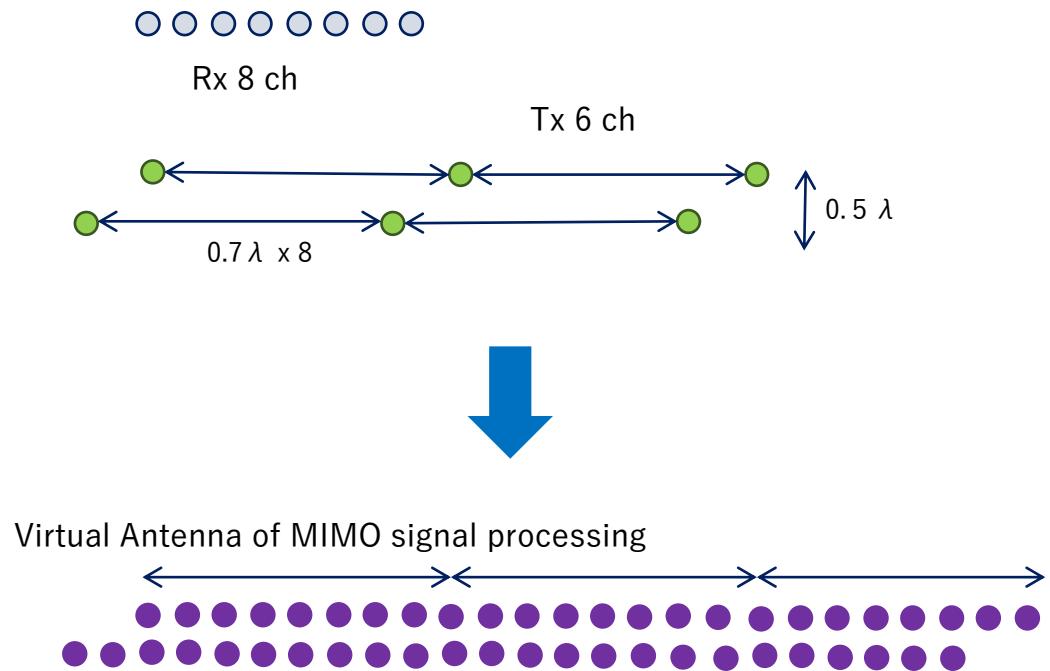
コードネーム : 48 CAS V2



CONFIDENTIAL

79GHz 2CAS EVM V3 Antenna Layout Plan

コードネーム 48CAS V3



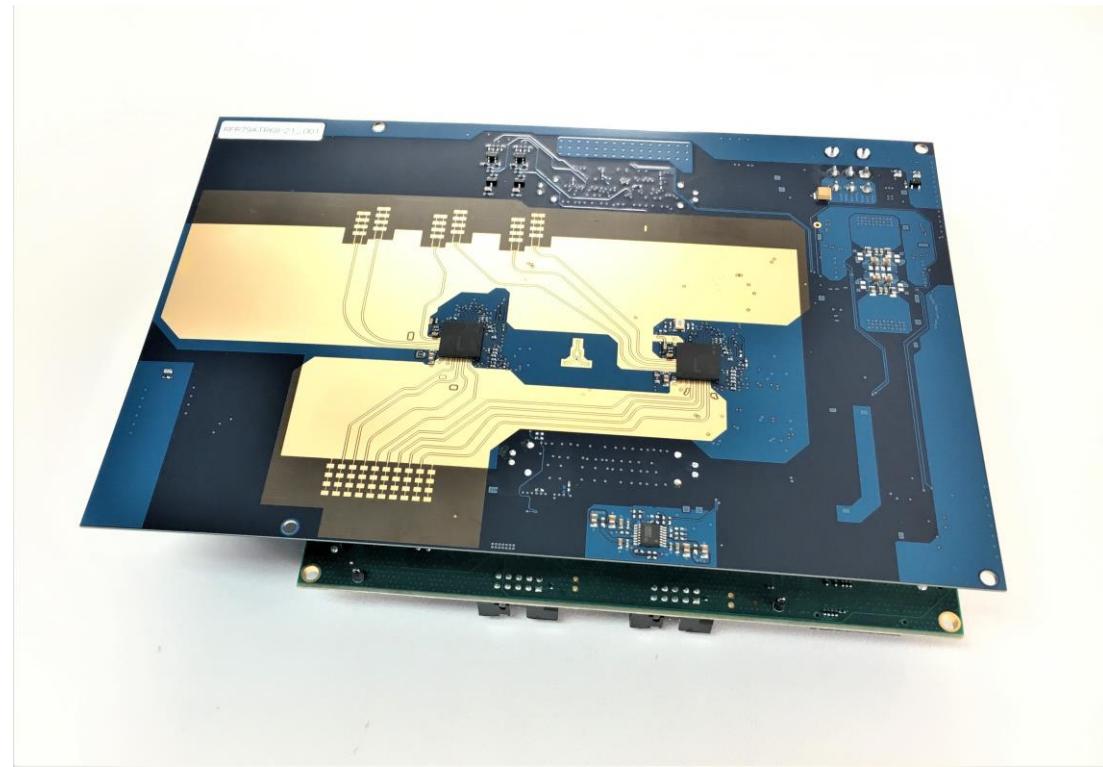
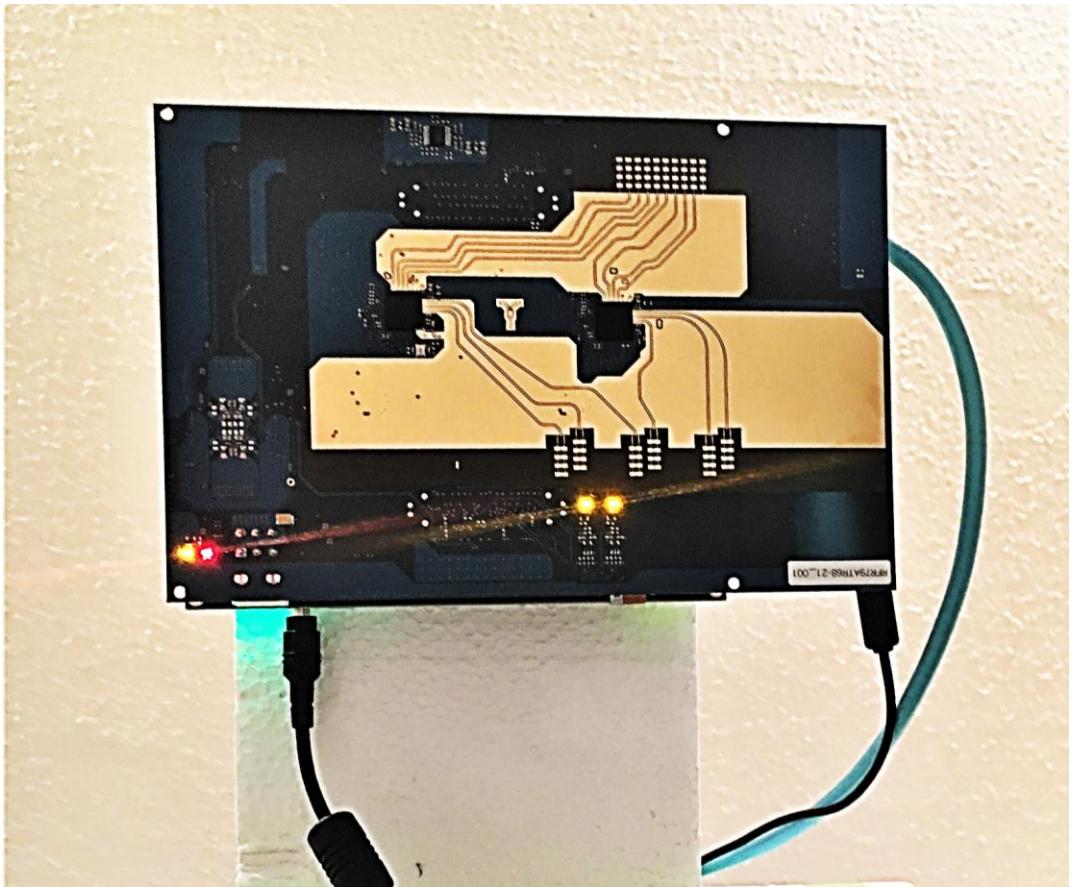
CONFIDENTIAL

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	θmax	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	θreso	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	Δθ	0.640	[deg]			

CONFIDENTIAL

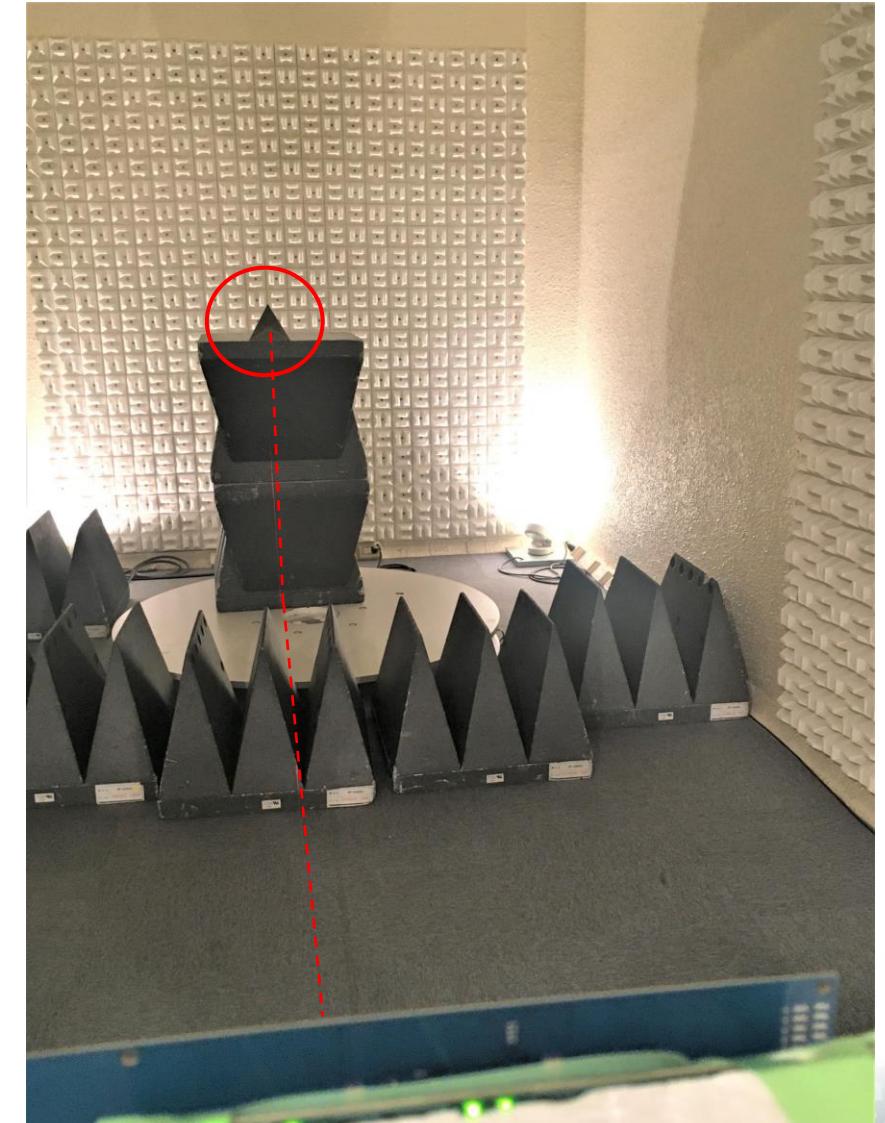
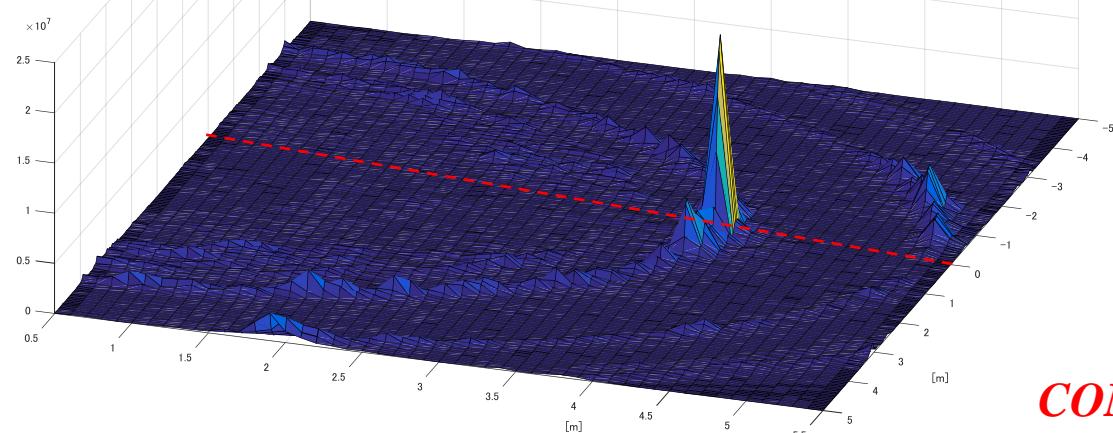
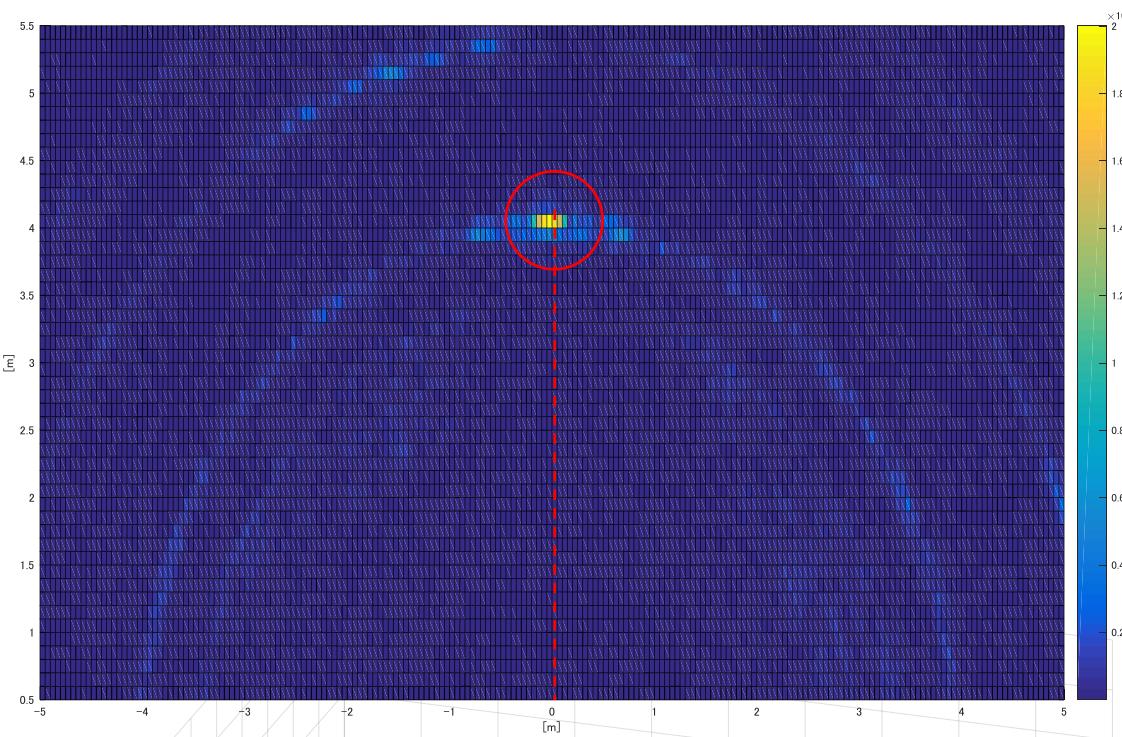
79GHz 2CAS EVM V3 外觀寫真



CONFIDENTIAL

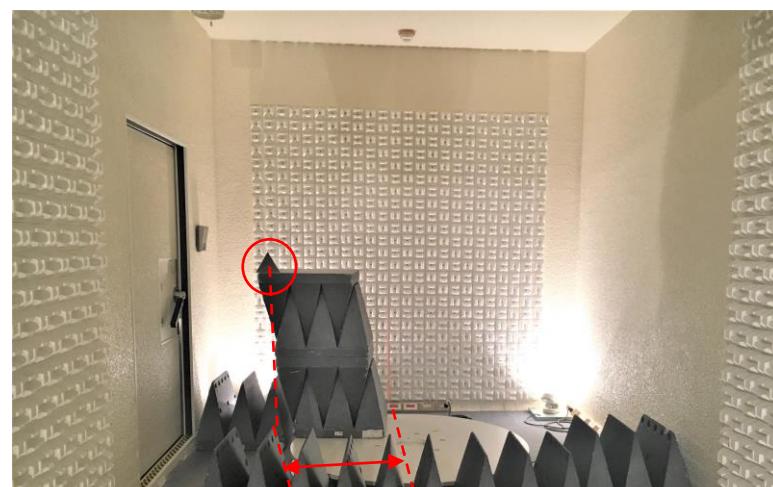
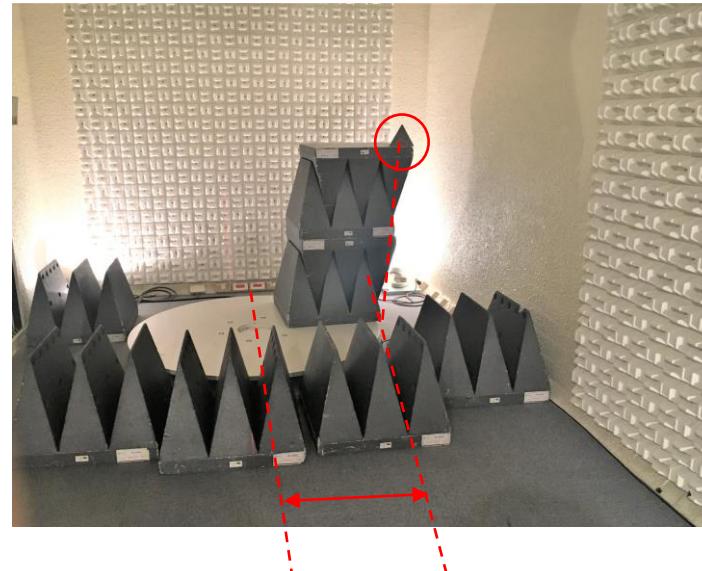
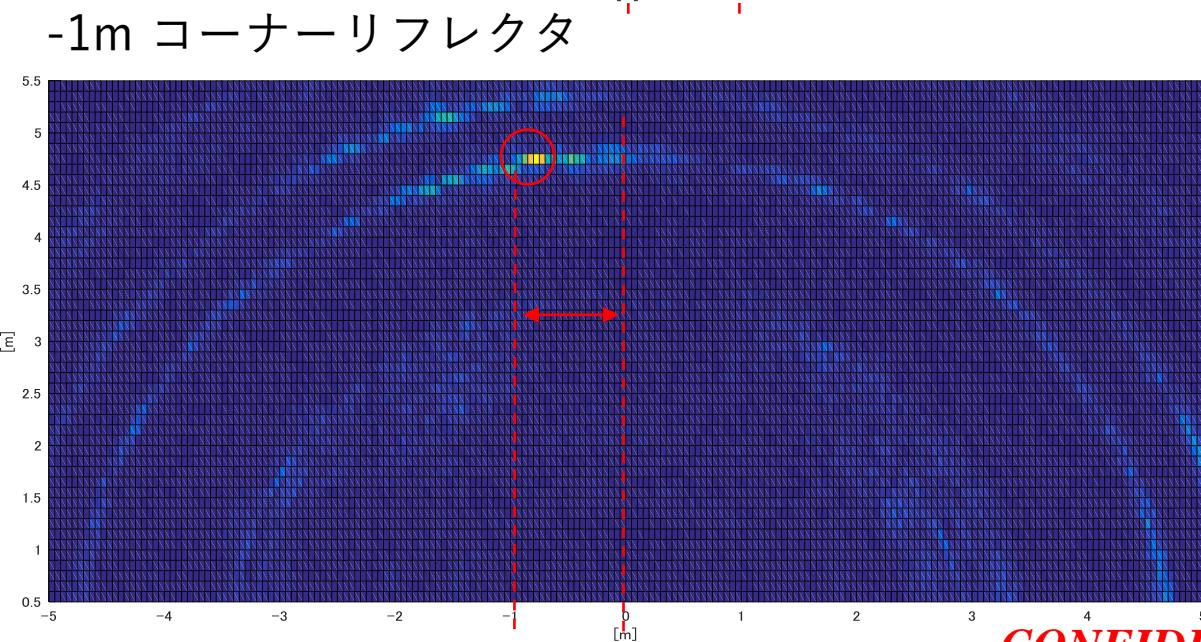
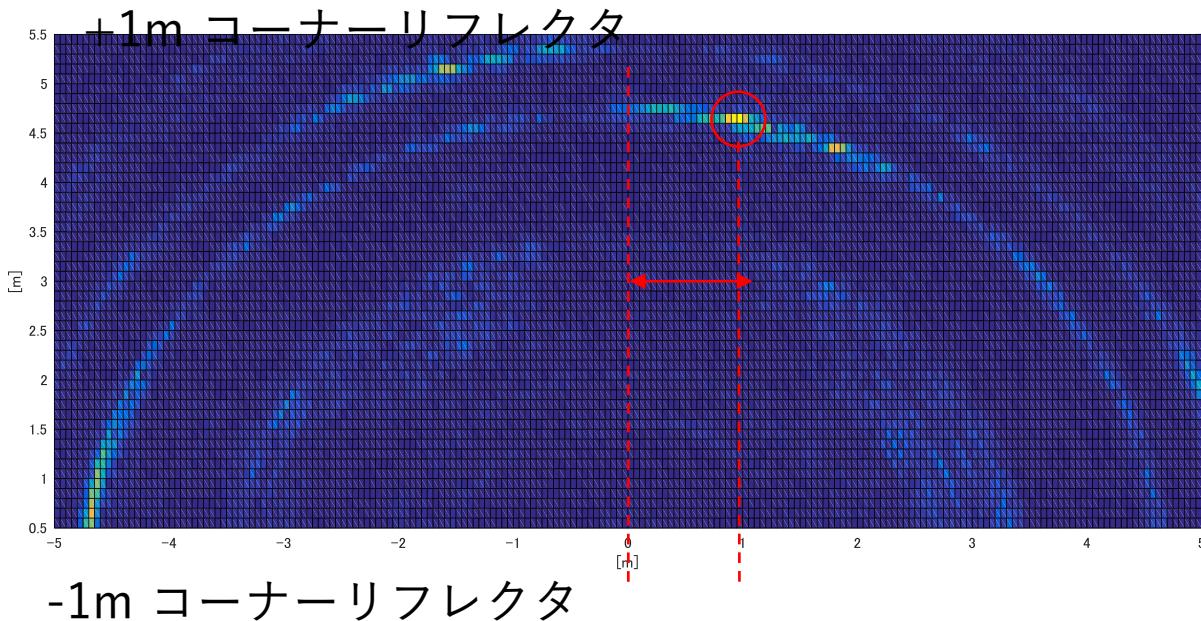
79GHz 2CAS EVM V3イメージング

正面 コーナーリフレクタ



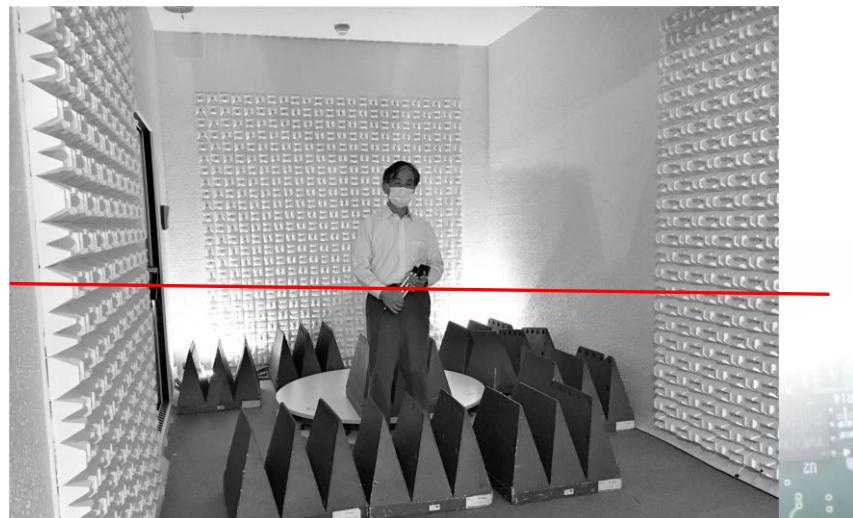
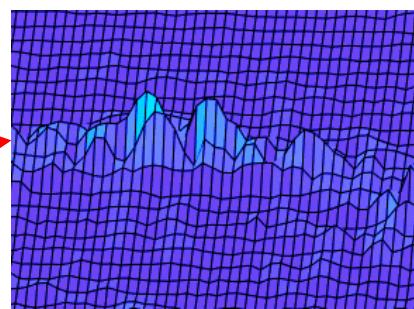
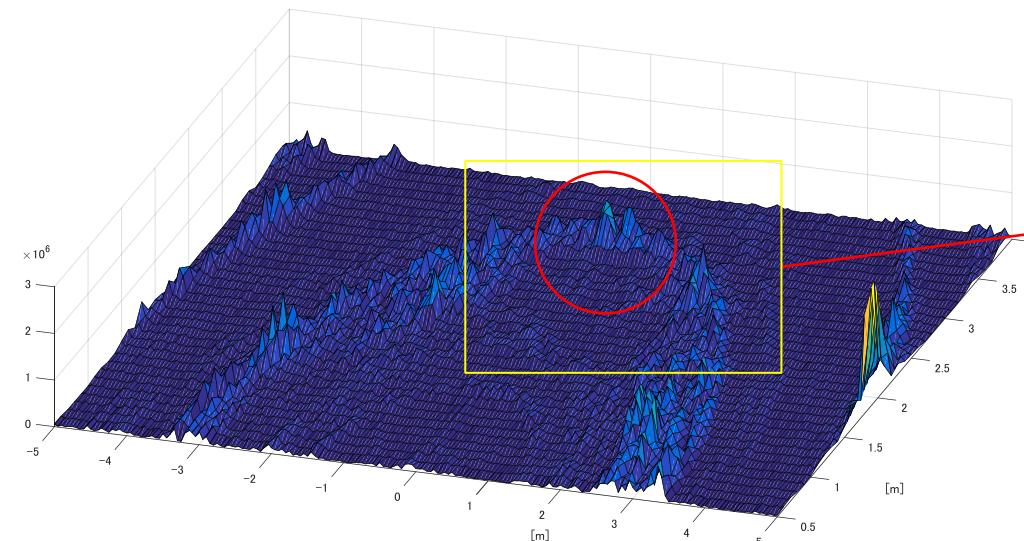
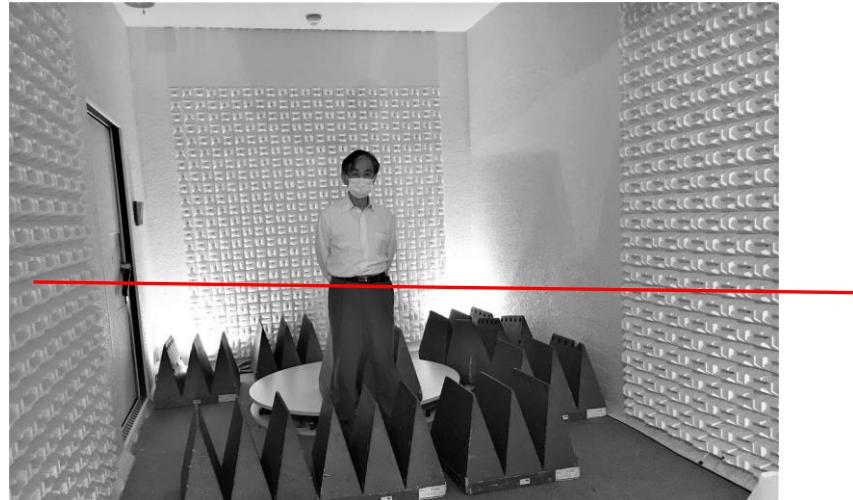
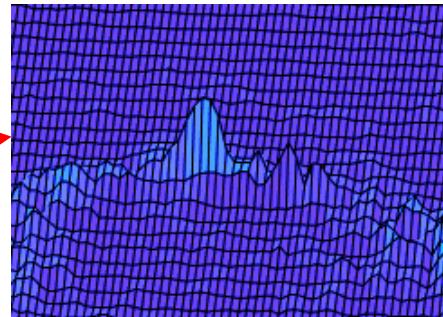
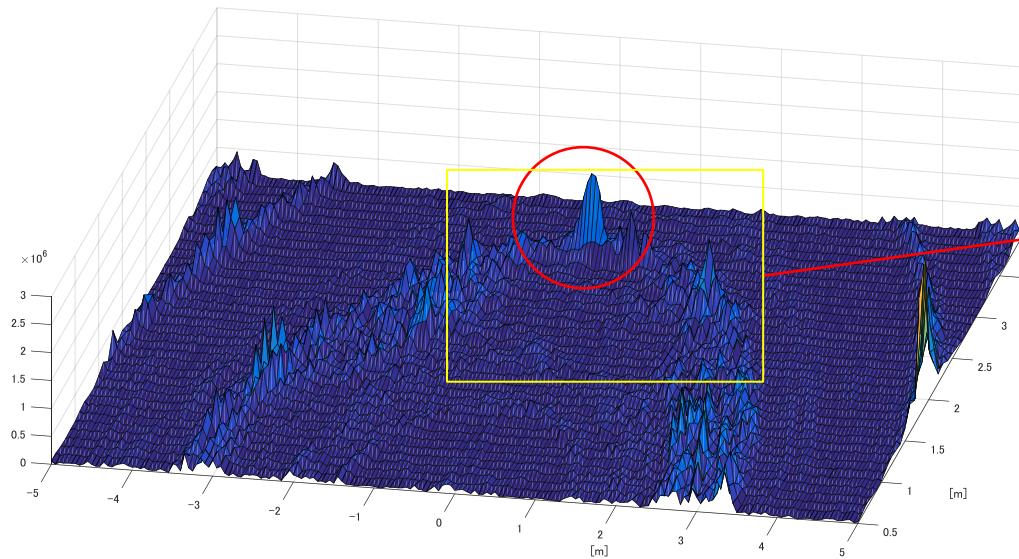
CONFIDENTIAL

79GHz 2CAS EVM V3イメージング



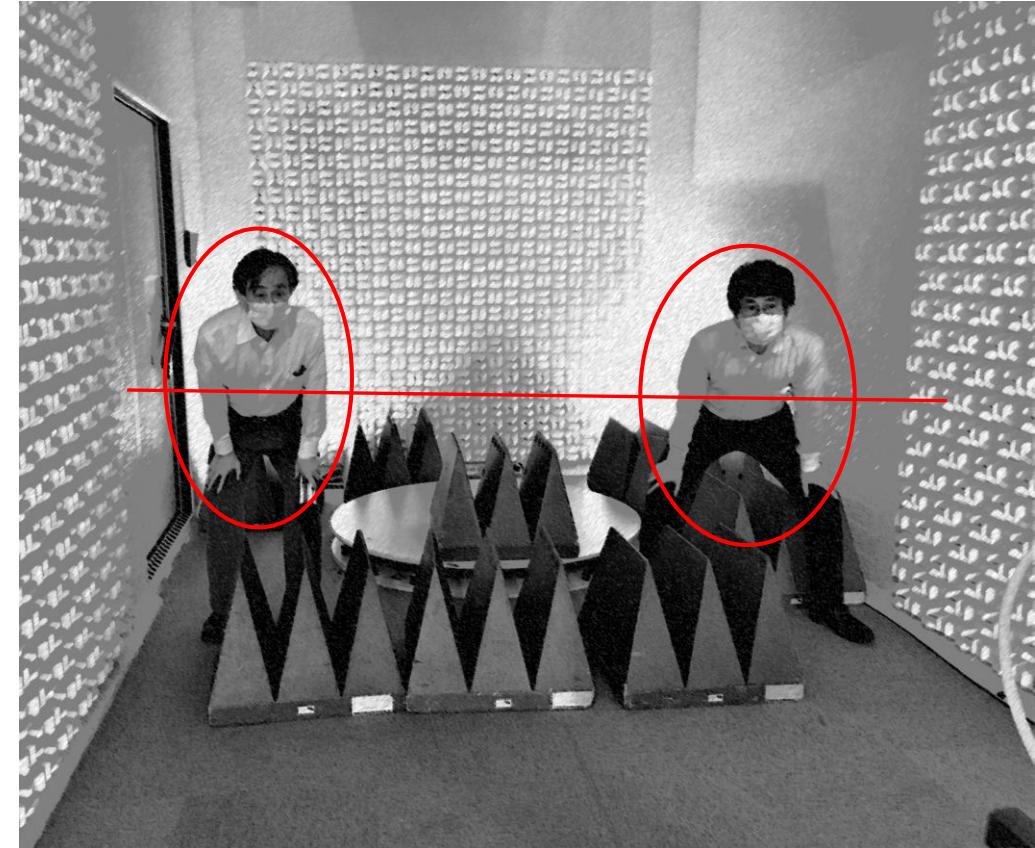
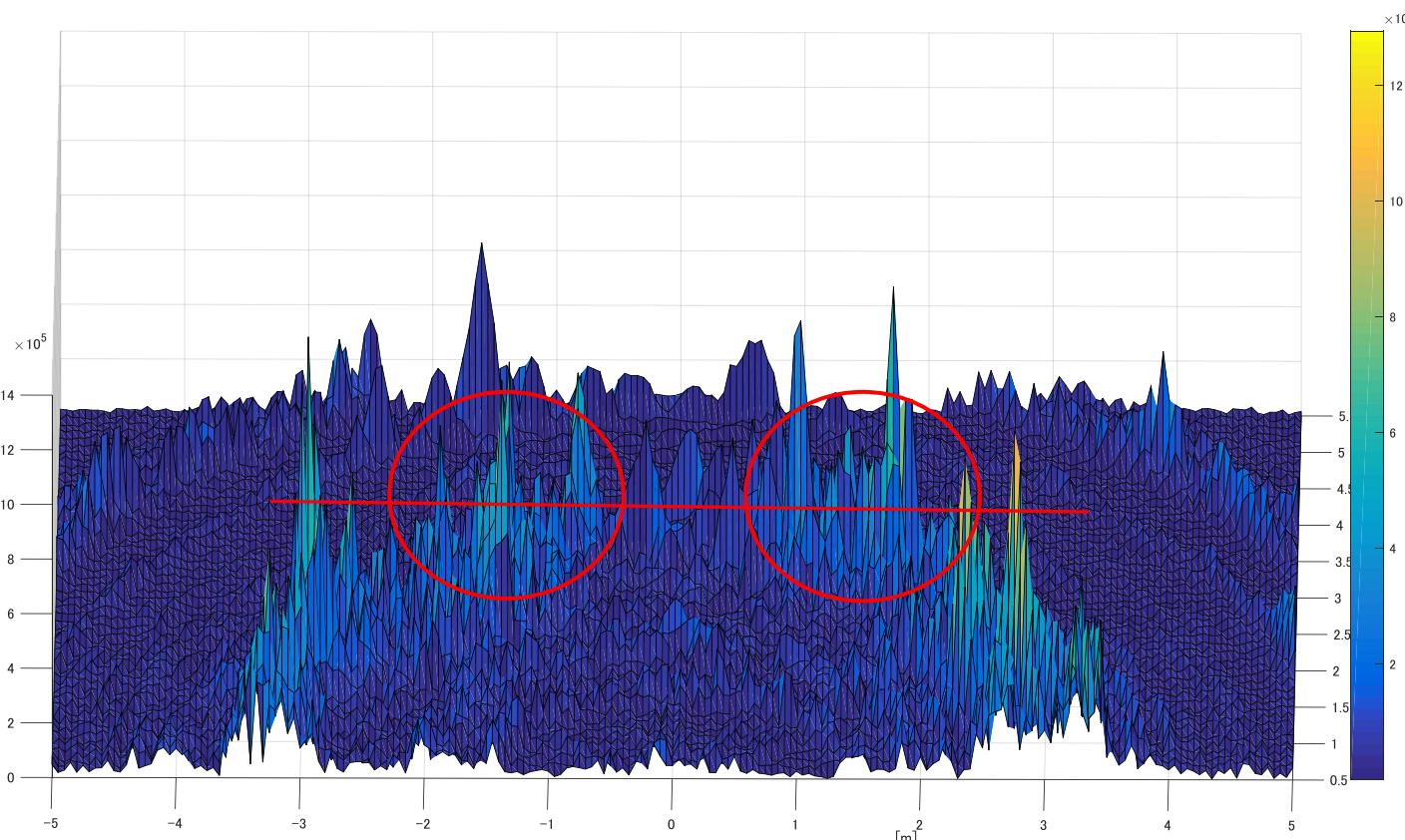
CONFIDENTIAL

79GHz 2CAS EVM V3イメージング



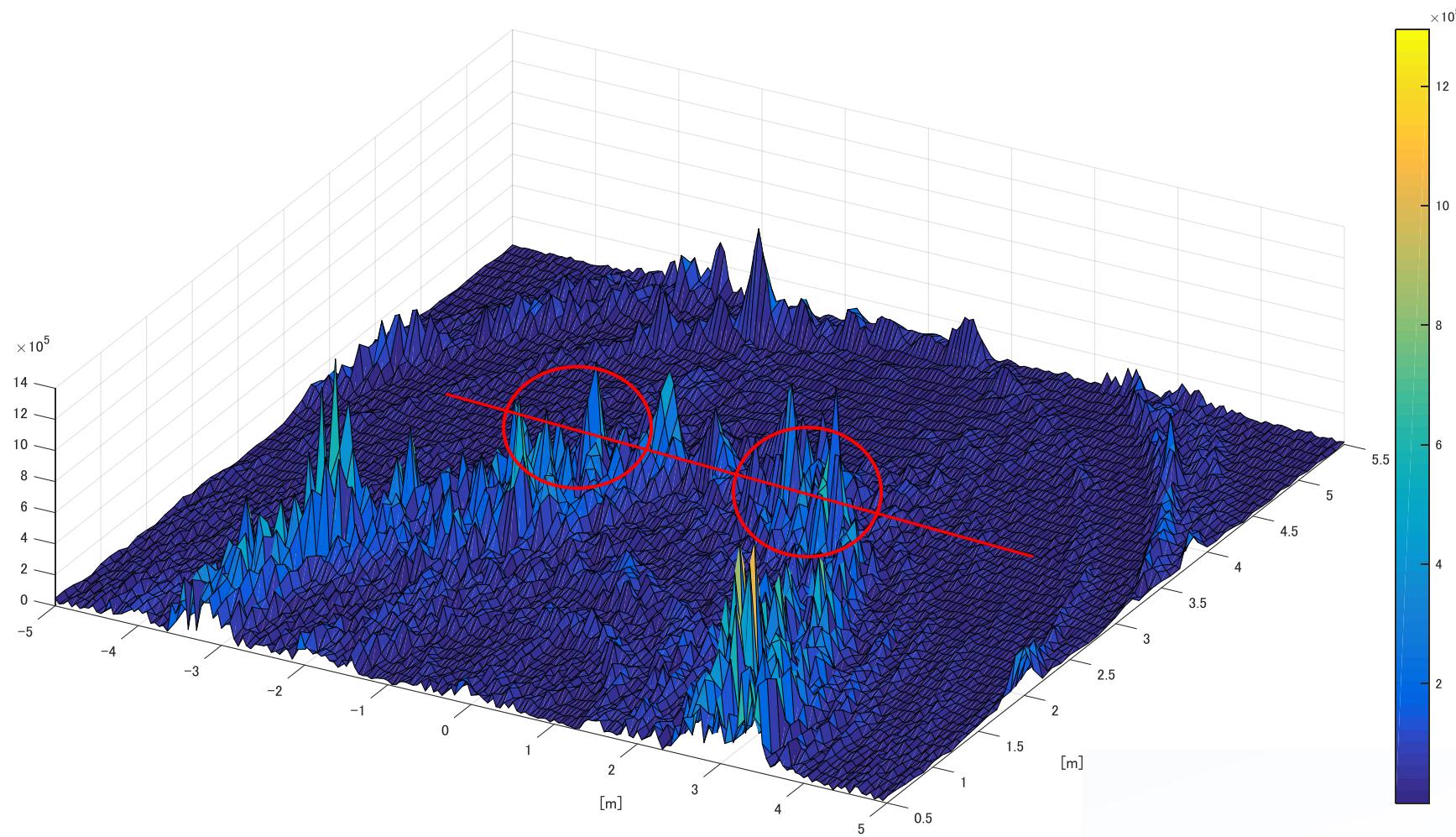
CONFIDENTIAL

79GHz 2CAS EVM V3イメージング

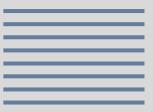


CONFIDENTIAL

79GHz 2CAS EVM V3イメージング



CONFIDENTIAL



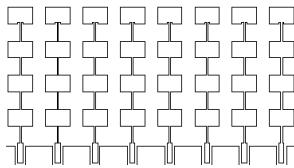
2D HiRes Hi-Gain 48 MIMO Antenna Layout

類似設計実績あり。受注生産可能

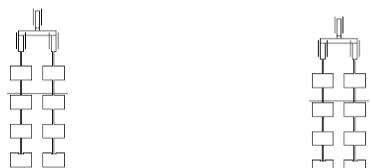
Rx 8 ch ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Tx 6 ch ● ● ● ● ● ●

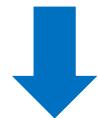
48 MIMO virtual antenna



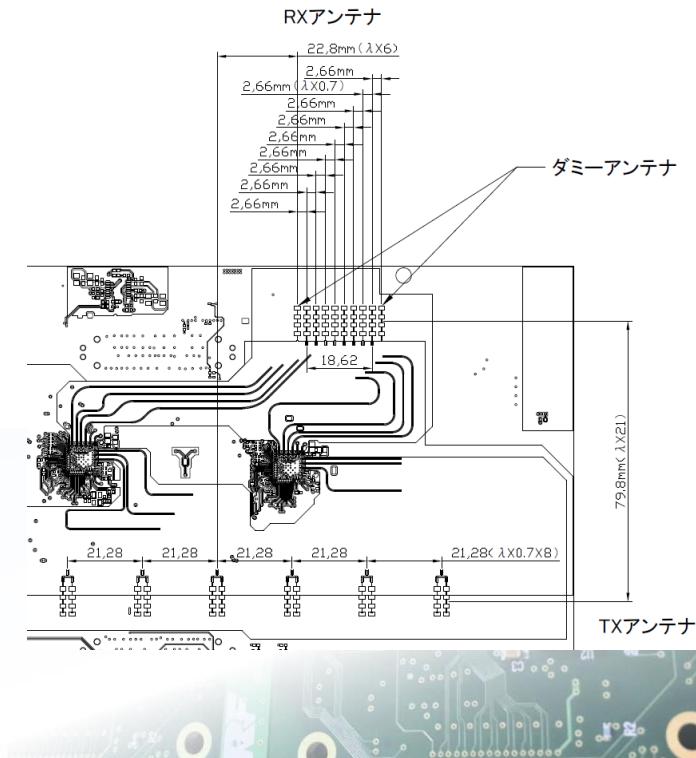
Rx 8 ch



Tx 6 ch



CONFIDENTIAL

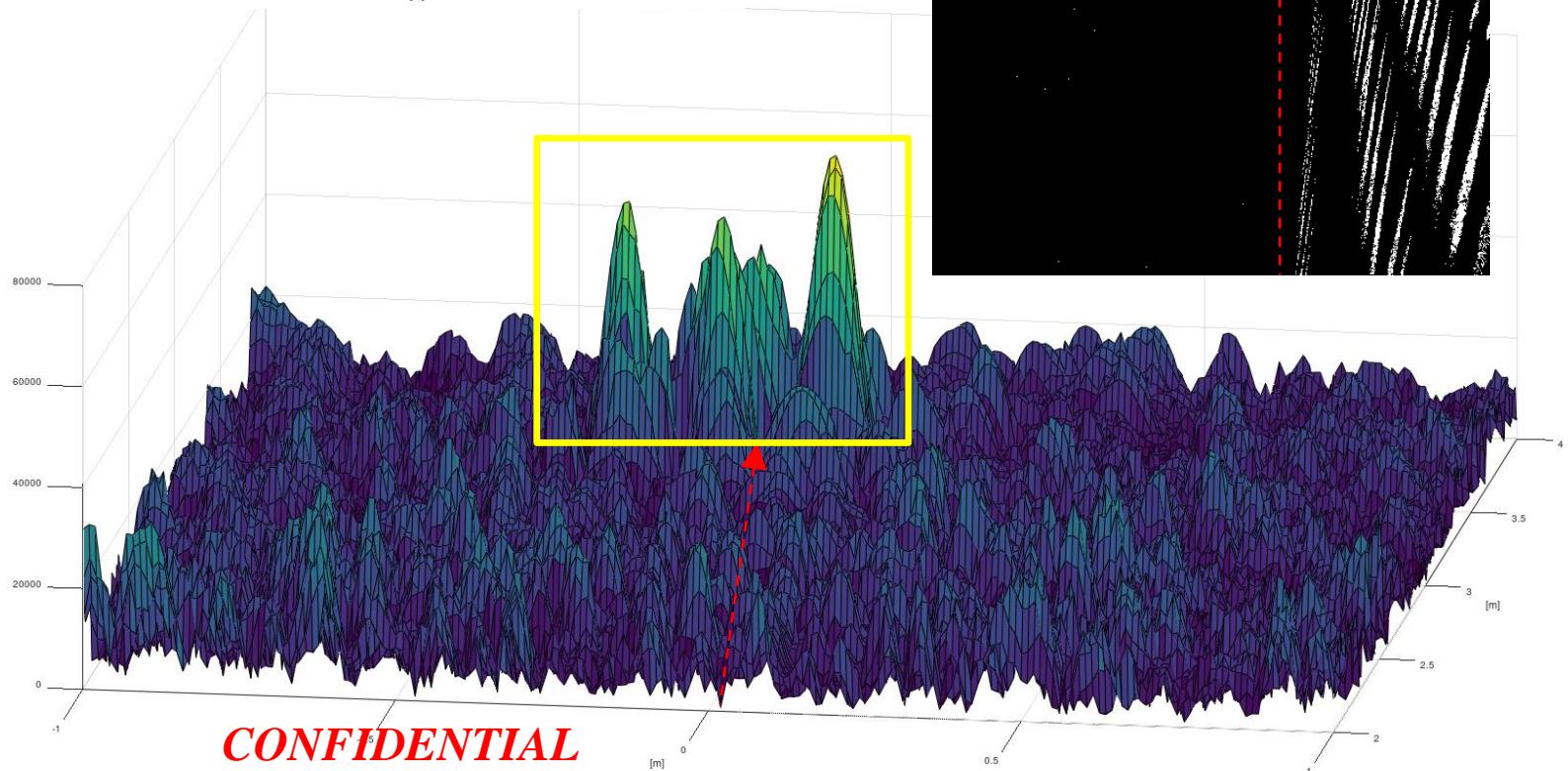
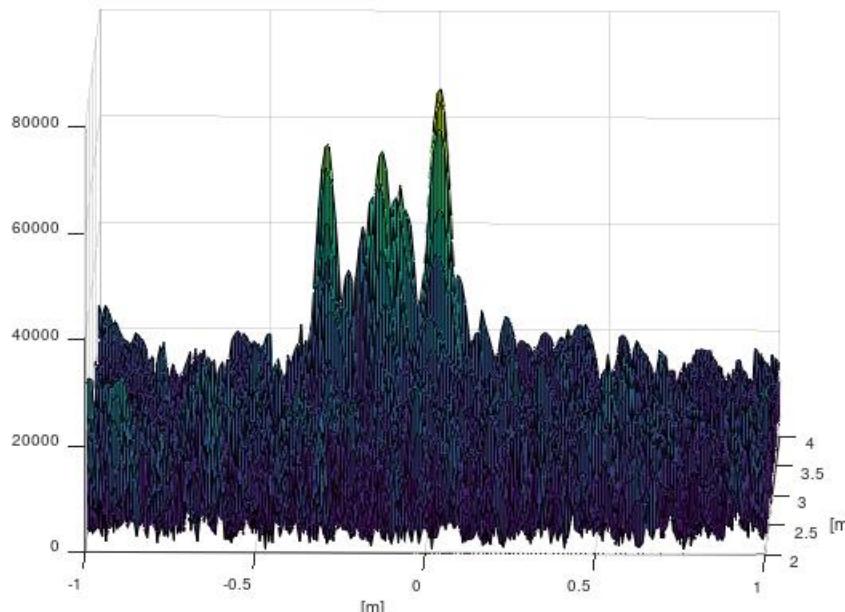
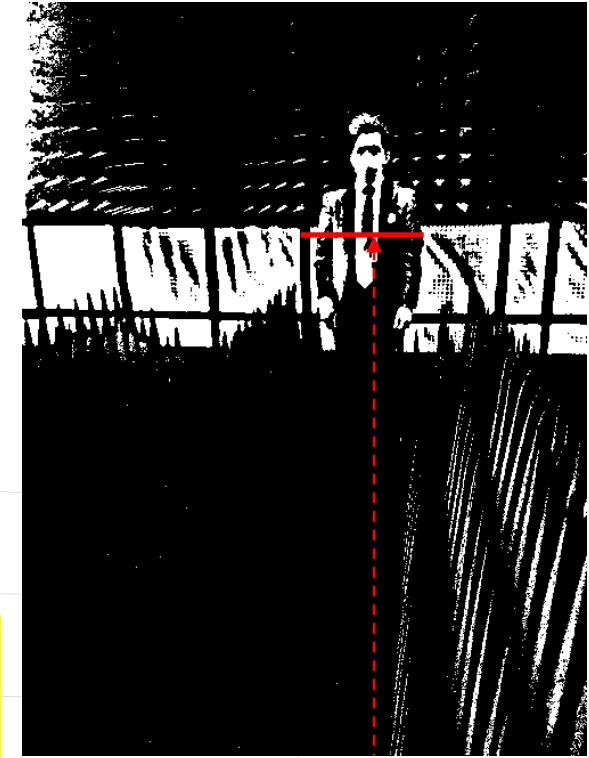
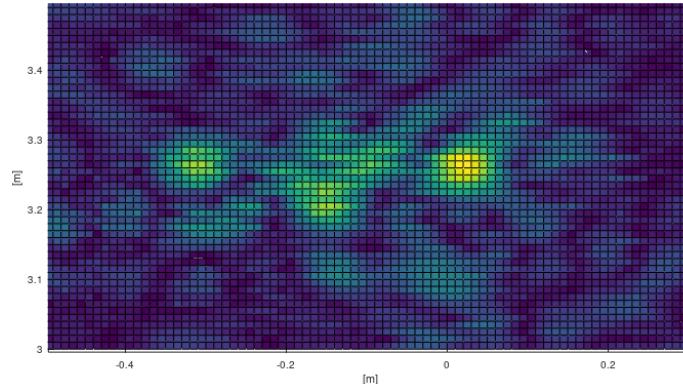
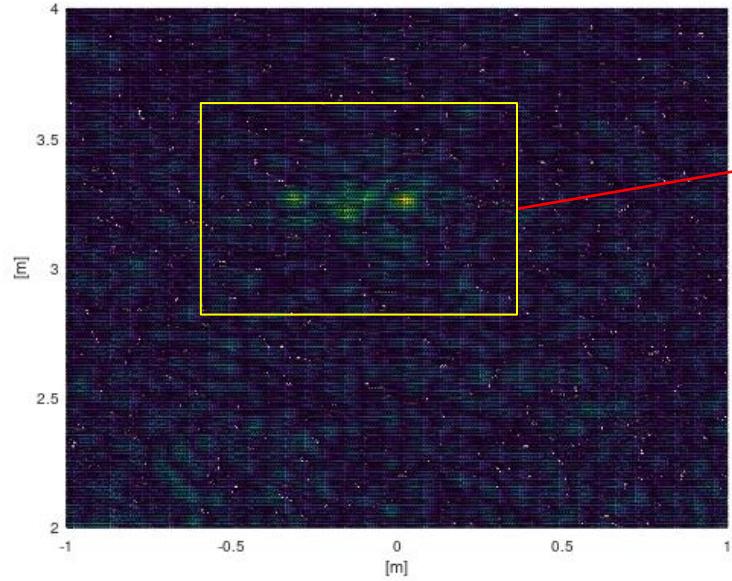


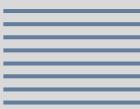
2D HiRes Hi-Gain 48 MIMO 理論値仕様一覧

	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





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

PTM Corp.

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)
幅域帯有占	200MHz max Range Bin = 0.201 [m]
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 ナテナアチッパ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

PTM Corp.

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）
幅域帯有占	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)
様仕ナテニア	信送 ナテニアチッパ12子素×信受6子素/2CH 利得 14 dBi
度角知検	+/- 55°
質量（筐体込み）	約80g

CONFIDENTIAL

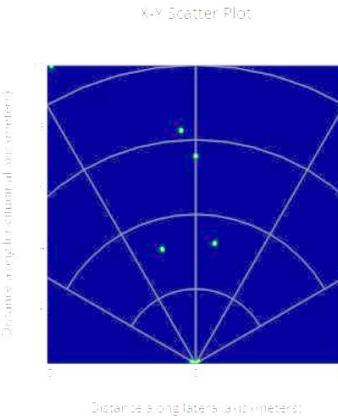
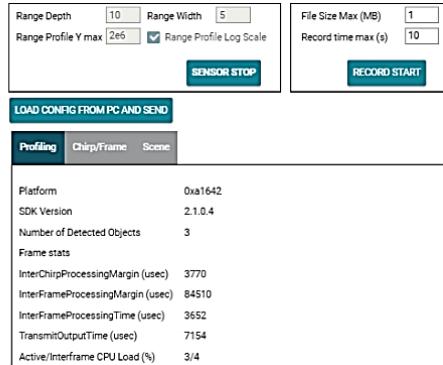
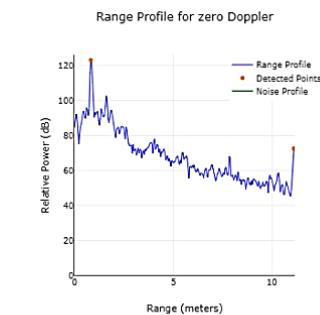
79GHz 3次元 MIMO レーダ評価キット

- 障害斑検知、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。



CONFIDENTIAL

mmWave Demo Visualizer



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

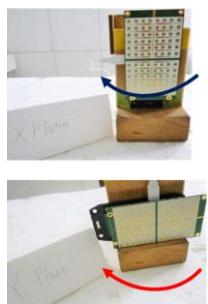
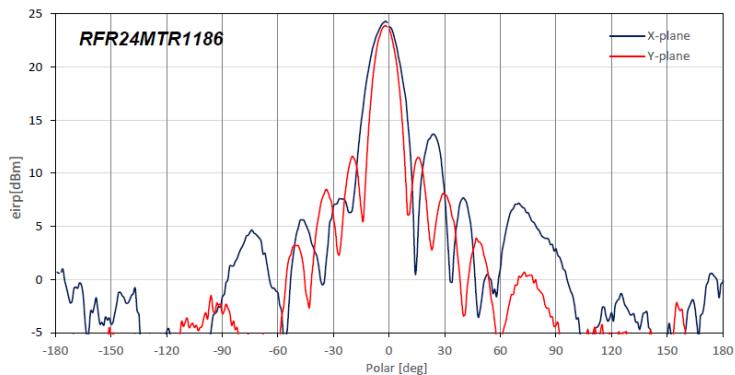
X-plane	24.3	dBm
Y-plane	23.9	dBm

Half Power Beam Width HPBW

X-plane	15	degree
Y-plane	12	degree

Antenna Gain dBi

RFR24MTR1186



10x8: 80 patch

RFR24MTR11T8

Max Transmitt Power e.i.r.p

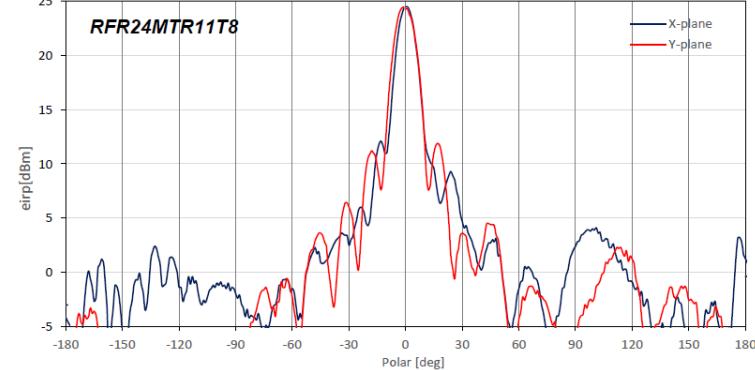
X-plane	24.5	dBm
Y-plane	24.5	dBm

Half Power Beam Width HPBW

X-plane	10	degree
Y-plane	12	degree

Antenna Gain dBi

RFR24MTR11T8



4x4: 16 patch

RFR24LTR1144

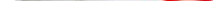
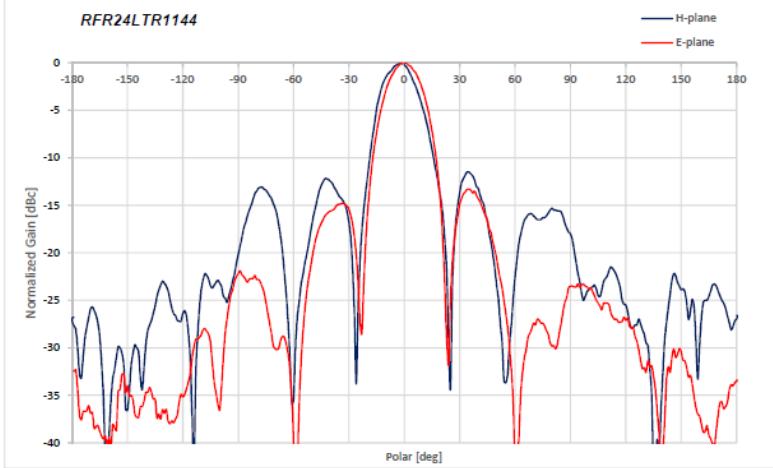
Max Transmitt Power (Pt max)

H-plane	17	dBm
E-plane	17.3	dBm

Half Power Beam Width

H-plane	20	degree
E-plane	21	degree

Antenna Gain dBi

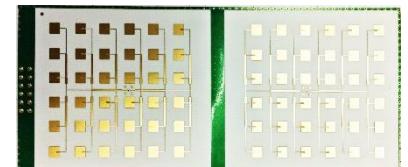
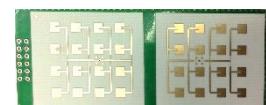


アンテナ部分試作例

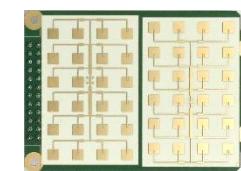


アンテナ特性計測サービス

4x4: 16 patch



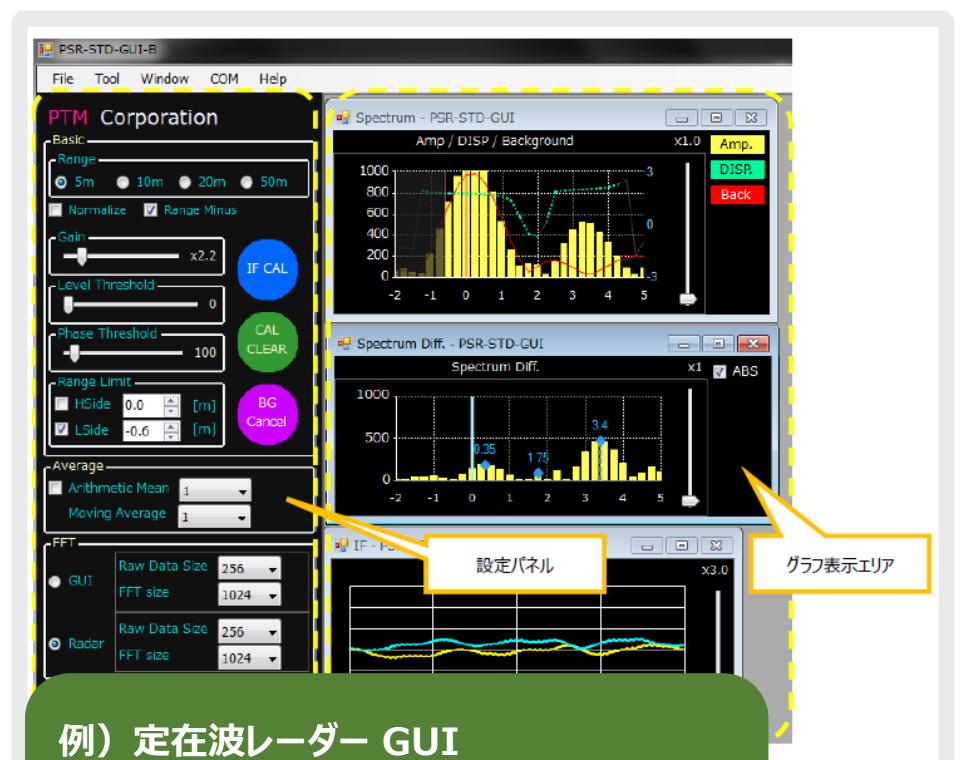
*4 x 6: 24 patch (Standard)
おおよそ名刺大*



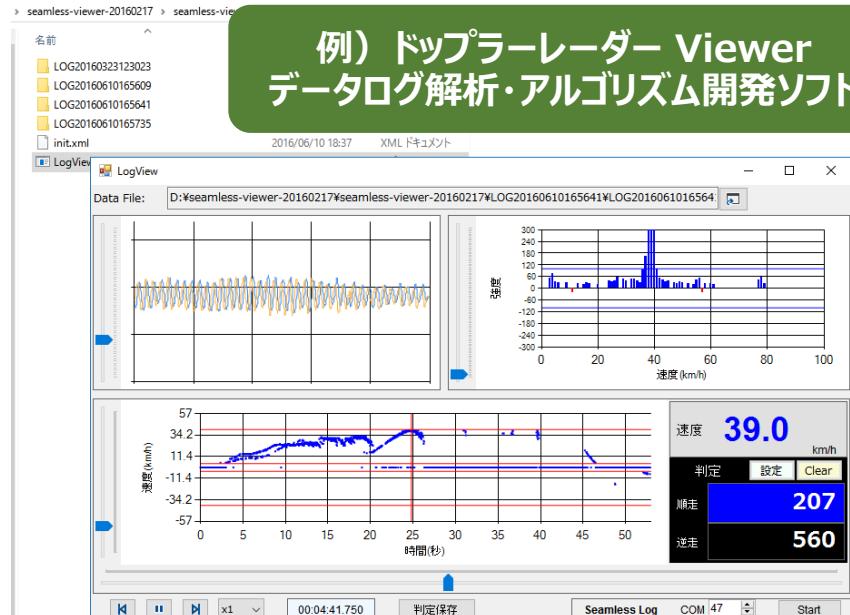
6 x 6: 36 patch



マイクロ波・ミリ波センサー ソフトウェア開発支援



例) 定在波レーダー GUI
データログ解析・アルゴリズム開発ソフト
※ 弊社での最先端の取り組みが実装されています。

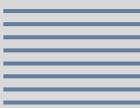


例) ドップラーレーダー Viewer
データログ解析・アルゴリズム開発ソフト

例) Visual Studio C++ Project

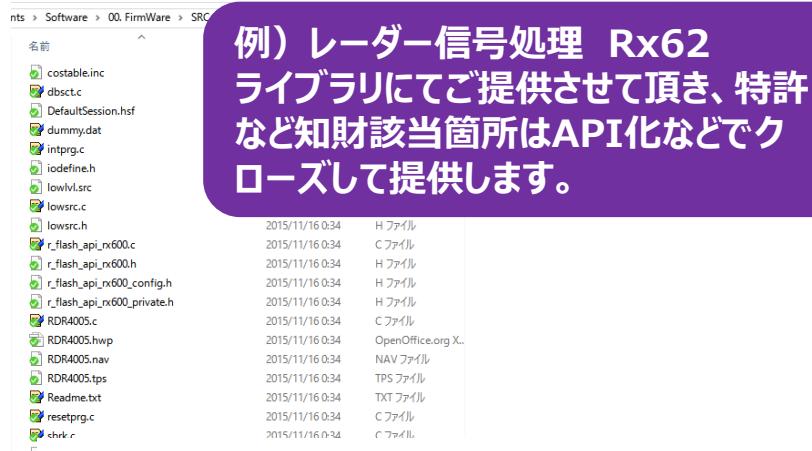
開発のプラットホームとなる レーダーのハードウェアについては
別途ご用途に応じてご提案させて頂きます。（上記費用には含まれません）

CONFIDENTIAL



マイクロ波・ミリ波センサー ソフトウェア開発支援

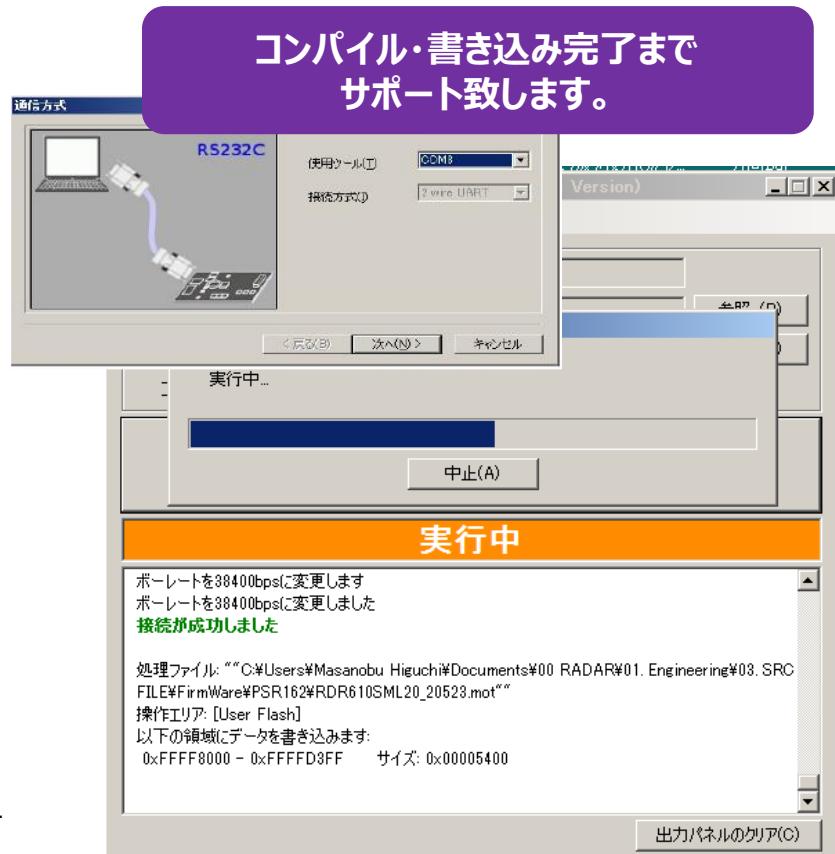
レーダー側CPU フームウェアポーティングサポート
※ その他CPUに指定がございましたらお問合せください。



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。



開発のプラットホームとなる 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）

CONFIDENTIAL

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

