



Define & Design support

APMC 2022 併設

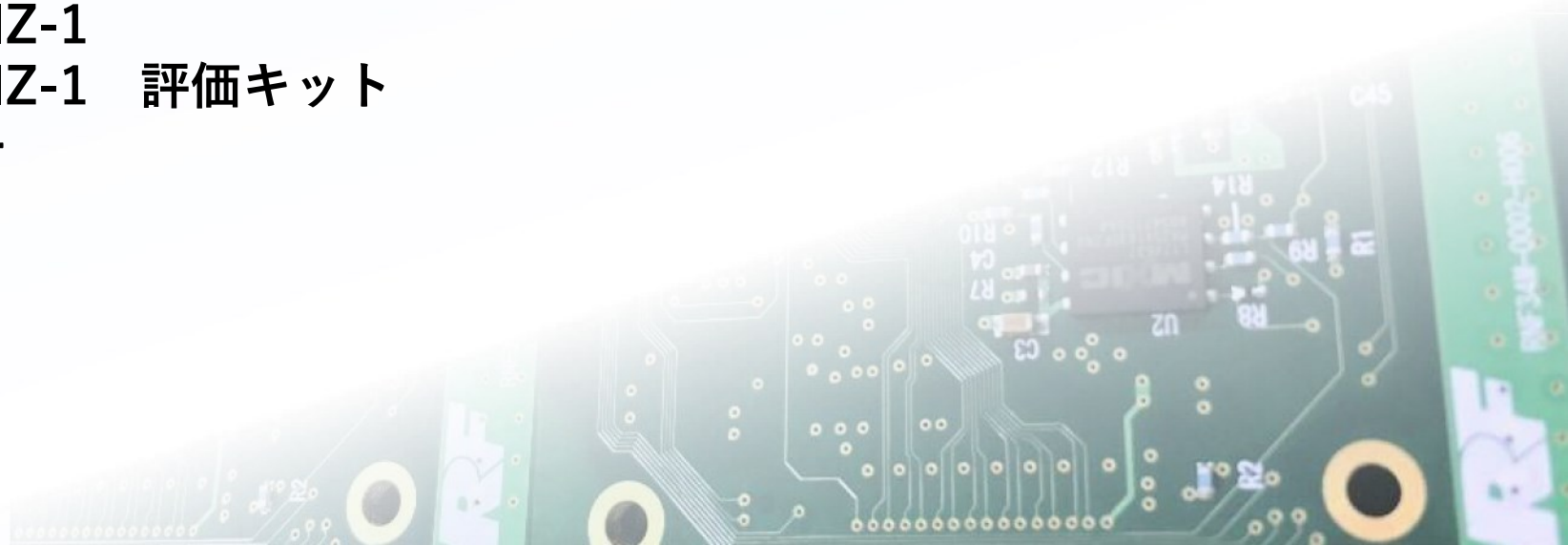
マイクロウェーブ展 2022

ローコストミリ波レーダーにおける ビームフォーミングの実装

Booth No. E-08

ピーティーエム株式会社

- ・ ミリ波によるセンシング技術
- ・ 従来型マイクロ波レーダとの比較
- ・ 電波法技術要件 概要
- ・ 定在波レーダーによる測距アルゴリズム
- ・ 従来型レーダの課題
- ・ 位相モノパルス方式による多次元化
- ・ ビームフォーミングの基本原理
- ・ ビームフォーミングによる利得改善のしくみ
- ・ ローコストミリ波レーダーIC BGT60TR13C
- ・ 位相モノパルスによるAOA検知（方位・仰角）
- ・ ベクトル加算による利得改善
- ・ 60GHz 移動体検知センサー WIZ-1
- ・ 60GHz 移動体検知センサー WIZ-1 評価キット
- ・ ジェスチャーセンシング・デモ
- ・ 会社案内



- 分解能が高い

距離分離分解能 5cm以下

- 情報量が多い

距離・方位・仰角・速度・変位・移動方向など

- システム設計により用途範囲が広い

多チャンネル化により2D(水平方向位置) や
3D(水平・垂直の位置) の情報が得られる。

- その他、従来のマイクロ波センシングの利点は維持される。

耐環境能力が高い・・・粉塵、埃、降雨、霧、煙など

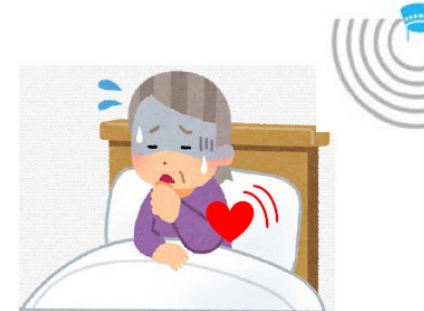
非画像・・・・・・・・・・プライバシー、サイバーセキュリティなど

外乱への耐性・・・・・・・・太陽光、騒音、雑音など

■ 新たな利用シーン



反射されるレーダー波
(60GHz帯) を用いて
ユーザーの手の動きを認
識してスマートウォッチ
上の画面をスクロール

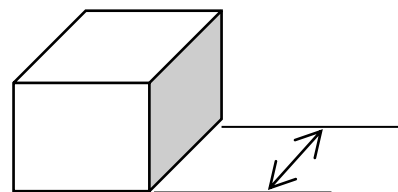


心臓の鼓動による人体表
面のわずかな動きを認識
して、心拍数や心拍間隔
等の生態情報を取得

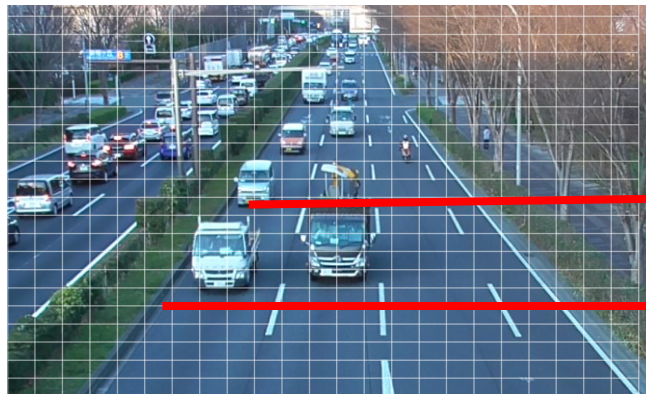
総務省ホームページより 情報通信審議会作業部会

従来型マイクロ波レーダとの比較

24GHz帯 帯域幅制限 200MHz

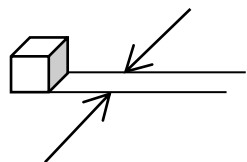


分解能 80 cm



ユースケース
車間識別など

60GHz帯 許容帯域幅 7GHz (新法)



分解能 4 cm

※ OBW 4GHzにて



Breath Rate
Heart Rate



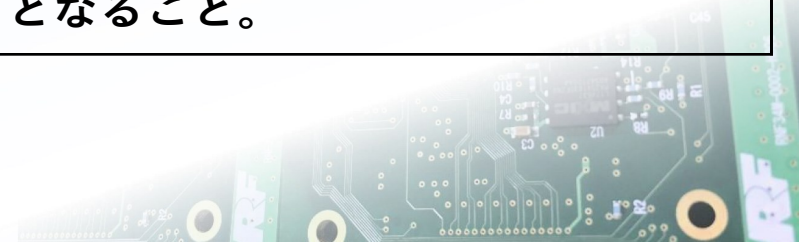
Occupancy
People Count
Position

応用範囲が画期的に広がる。



法規上の制約による技術課題について

電波法施行規則第6条に規定される特定小電力無線局		ARIB STD—T73 V2
証明規則第 2 条第 1 項第 8 号の無線設備		
送信周波数		設備・第49 条の14 / 告示・令和2 年第18号
周波数	60.5GHz	
周波数帯	57.0 ～ 64.0 GHz	
空中線電力		設備・第49 条の14 / 告示・令和2 年第15号
空中線電力(Pt)	0.01W（10dBm）以下	
等価等方輻射電力(e.i.r.p)	13dBm 以下	
空中線の構造及び利得	規定なし	
送信時間制限装置		設備・第49 条の14 / 告示・令和2 年第17 号
送信時間は、33ms またはそれを超える時間当たりの送信時間の総和が3.3ms 以下となること。		



電力規定

空中線電力(Pt) 0.01W (10dBm) 以下
等価等方輻射電力(e.i.r.p) 13dBm 以下
空中線の構造及び利得 規定なし

$$e.i.r.p = P_t + G_a$$

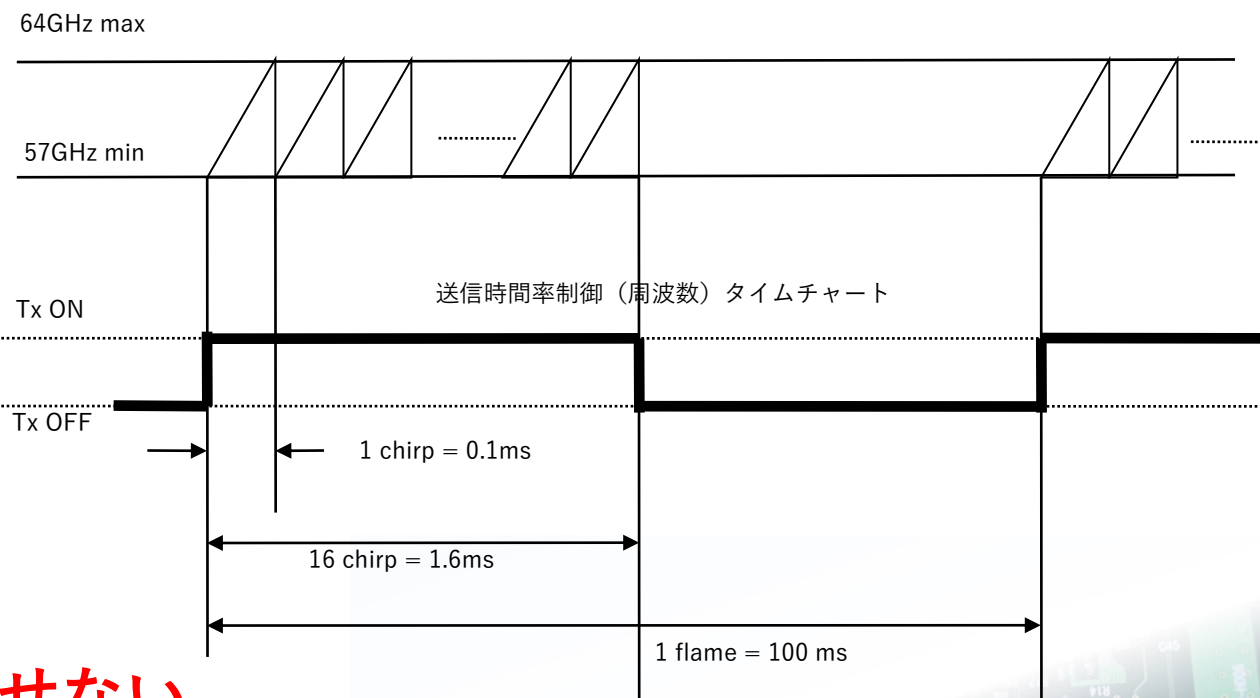
Pt : Transmit Power

Ga : Antenna Gain

Duty10% 規定

33ms またはそれを超える時間当たりの
送信時間の総和が3.3ms 以下

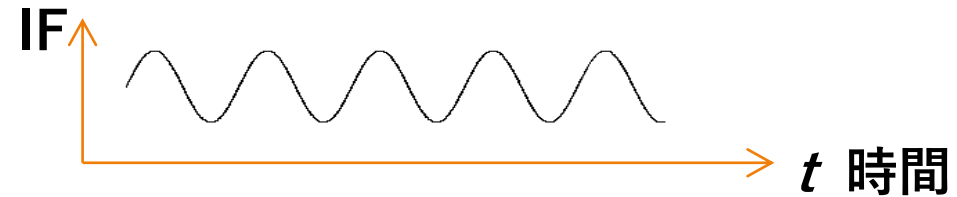
送信波形（周波数）タイムチャート



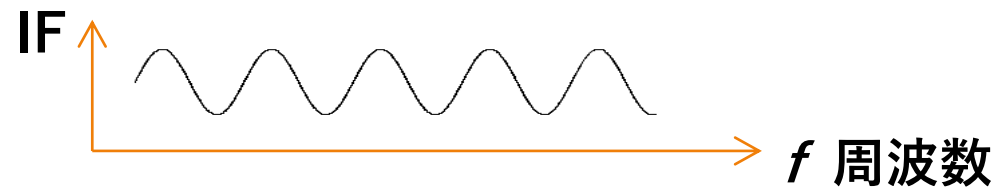
出力に対する規定が厳しい = 電波を飛ばせない
時間率規定が厳しい = 加算による利得改善が出来ない。

定在波レーダーによる測距アルゴリズム

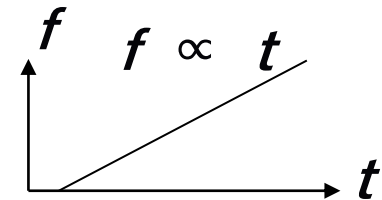
- FMCWレーダー
時間軸上の信号 = ビート信号



- 定在波レーダー
周波数軸上の信号 = パワースペクトル



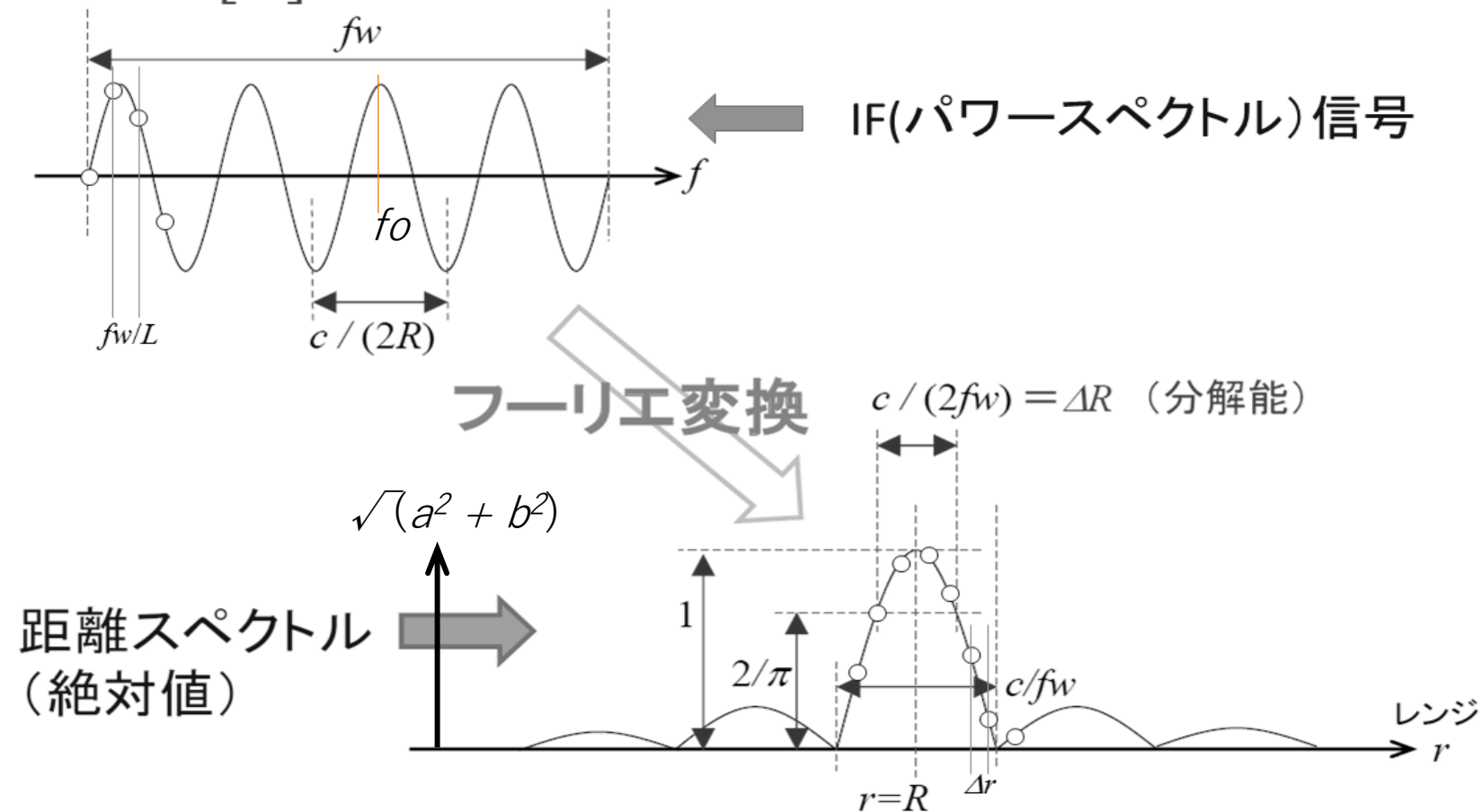
周波数を時間に対してリニアにスイープする場合、
 f と t は等価であり、単に目盛の違いだけ



定在波レーダーは、パワースペクトルとして信号処理する
従来のFMCWレーダーの信号処理を**定在波レーダーと同様**にできる

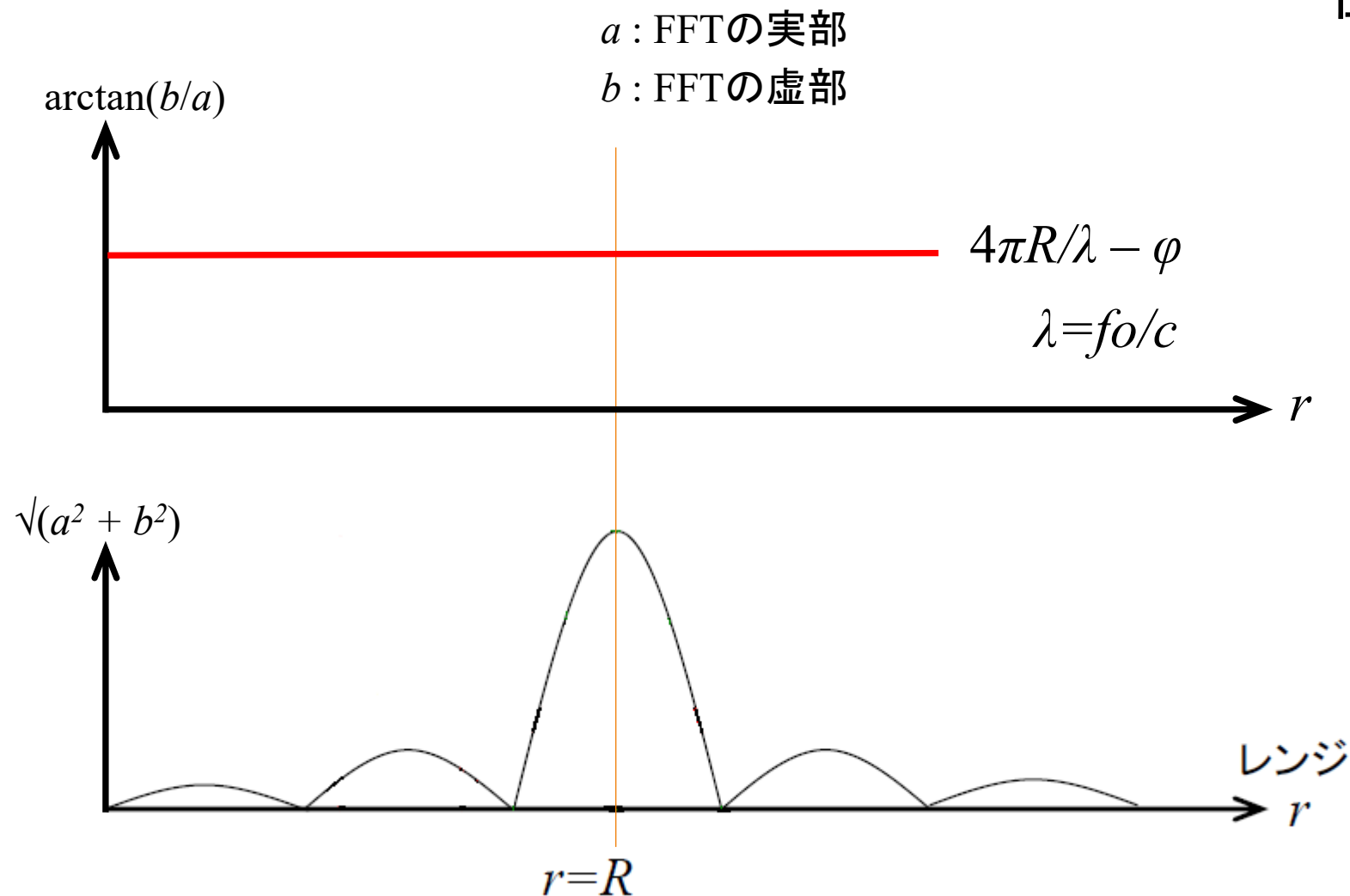
定在波レーダーによる測距アルゴリズム

距離 R [m] に目標物がある場合



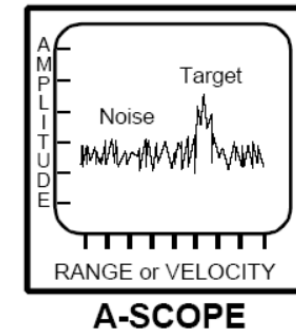
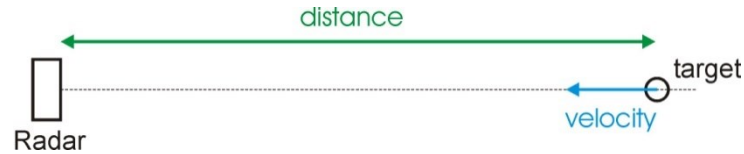
位相検出の最適化

一つのスペクトラムに対して
位相は変化しない。



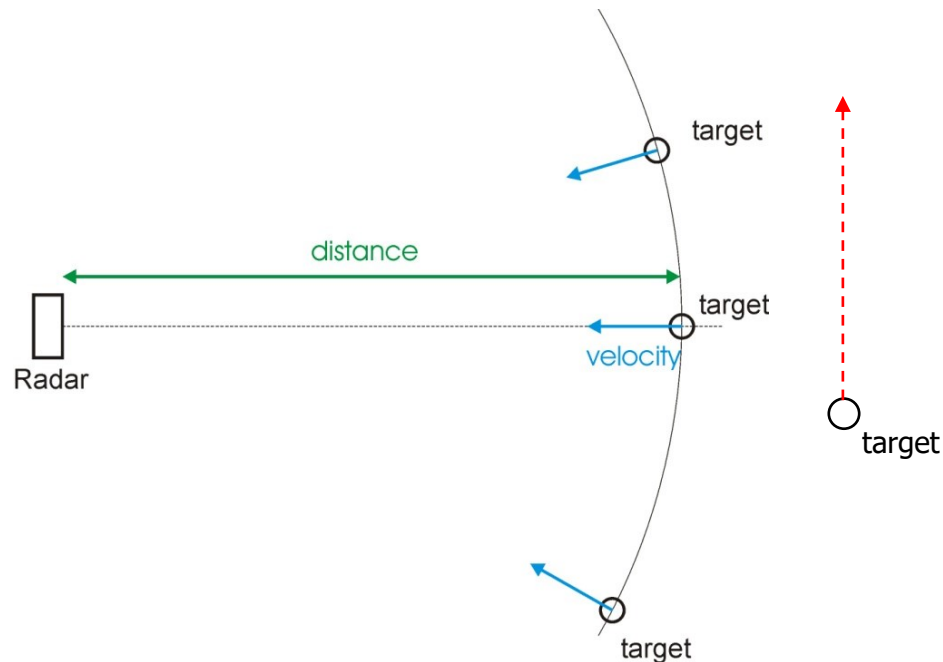
従来型レーダの課題

- ❑ 従来一般的な測距型、動体検知型のレーダは一次元の情報しか得られない。(A SCOPE表示)



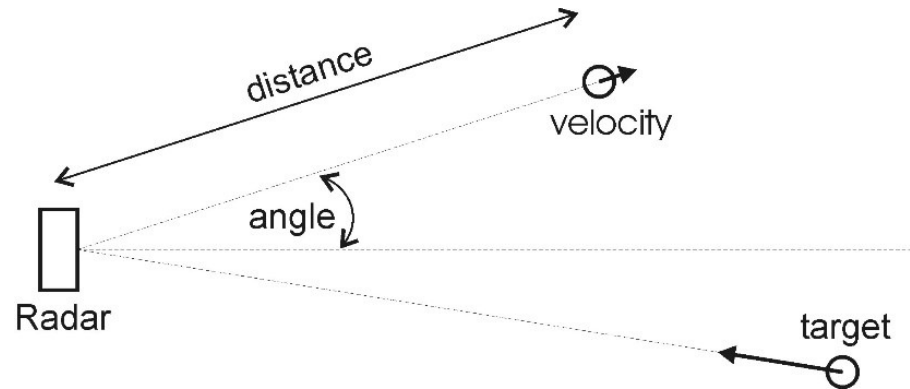
From : FACULTY OF ENGINEERING/
Department of Electrical and Communication Engineering

- ❑ この為、例えば同心円上の複数目標や同心円上の動き（横切りなど）などは識別出来ない。

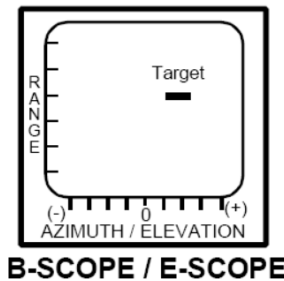
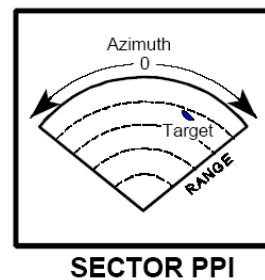
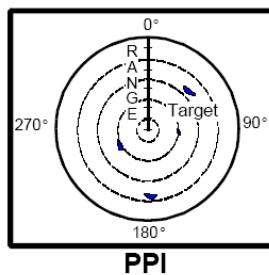


□ この問題の解決策として方位角探知（到来角推定）を実装する。

⇒ 2次元レーダの実現



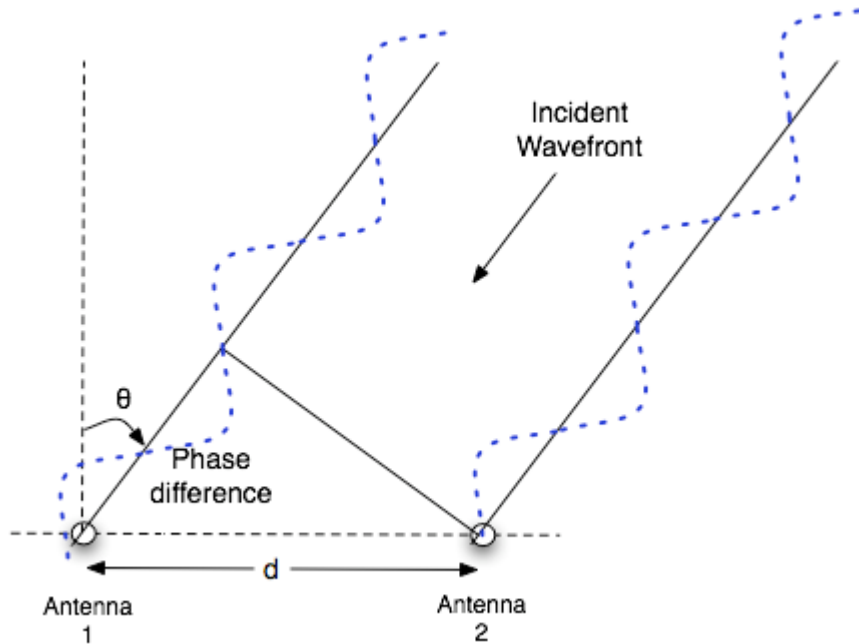
方位角情報が得られることで2次元のマッピングが可能となり、B SCOPE, PPI SCOPE, SECTOR PPI といった表示法があり、目標物の状態について多くの情報が得られ、アプリケーションの応用範囲が飛躍的に拡大する。



位相モノパルス方式による多次元化

- アンテナ数を複数化する事で方位検知（到来角推定）が可能となる。

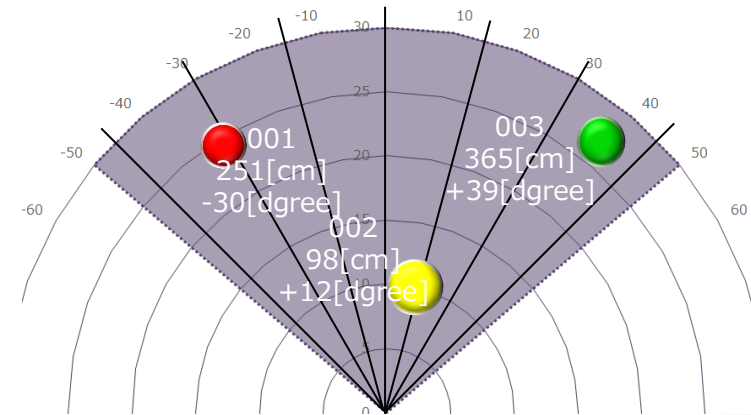
アプローチ： 位相モノパルス方式



演算アルゴリズムより「Target List」と呼ぶ下記のフォーマットを1パケットとしてデータが出力される。

Target List

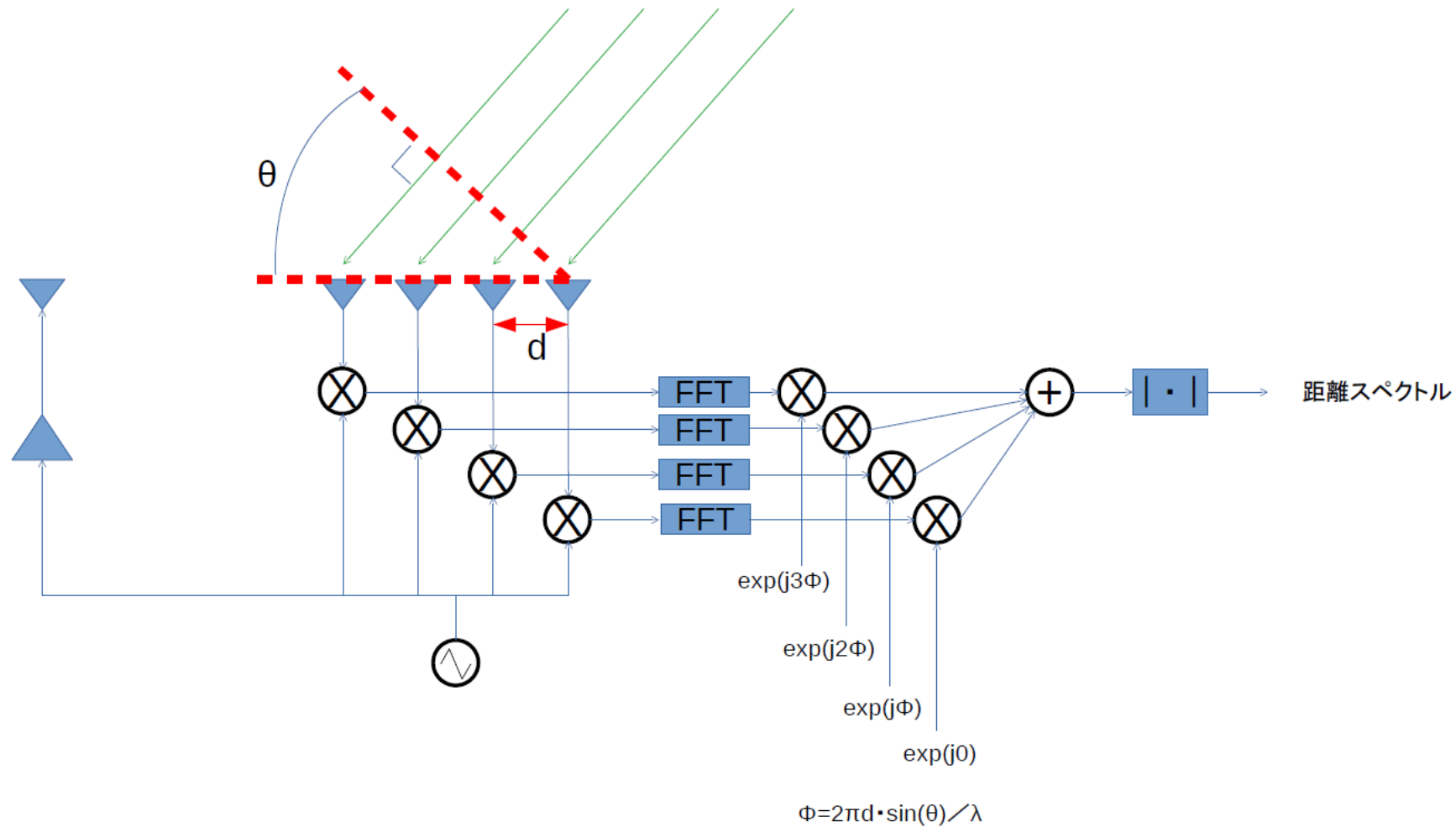
Tgt ID	Level	Distance	Angle
001	2900	251cm	-30°
002	4250	98cm	+12°
003	1900	365cm	39°
--	--	--	--



位相モノパルス方式

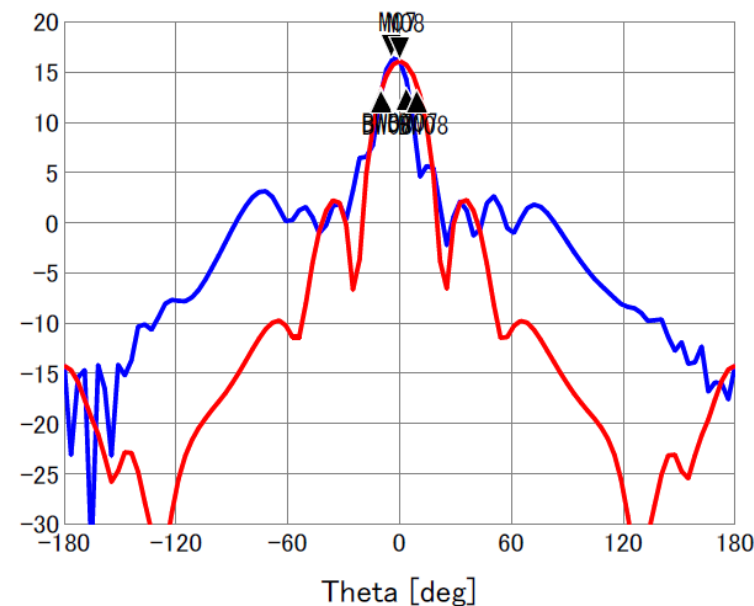
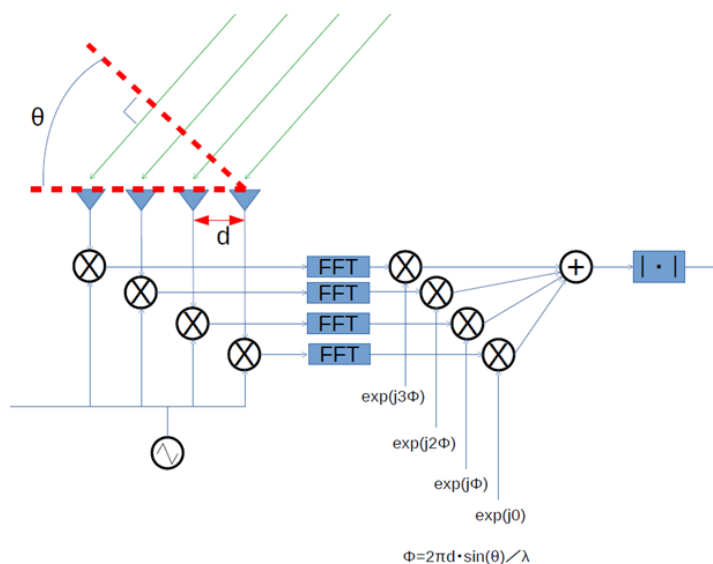
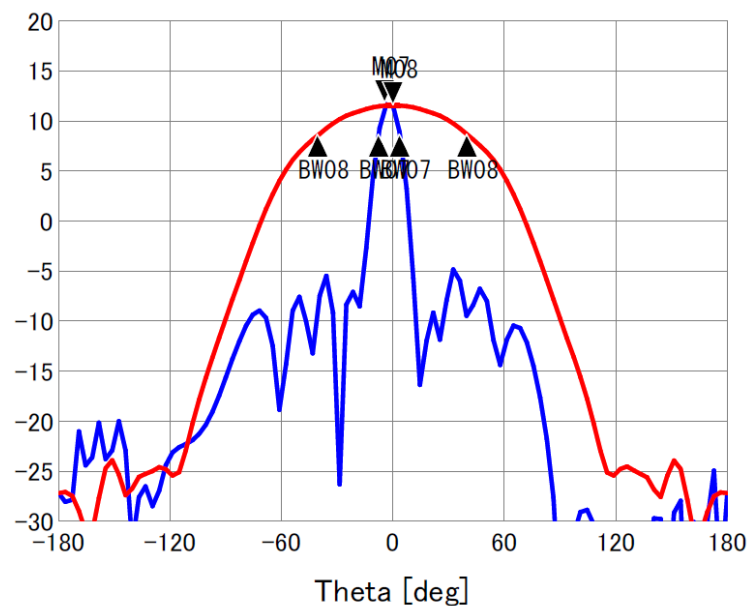
- ・ 位相を観測し行路差を求める。
- ・ ビームの重なり合ったエリア（モノ）の情報を活用する。

ビームフォーミングの基本原理

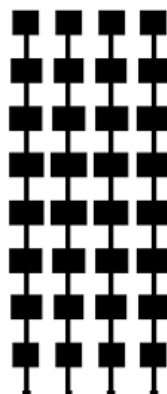


θ を変数として演算を行い角度ごとに解析する。

ビームフォーミングによる利得改善のしくみ



直列8素子x1列
パッチアンテナ
Gain = 12 dBi typ



直列8素子x1列
パッチアンテナ
Gain = 12 dBi typ
4 ch を受信し、ベクトル合成する事で

8列x 4アレイ = 32パッチのアンテナとして
ドライブする。

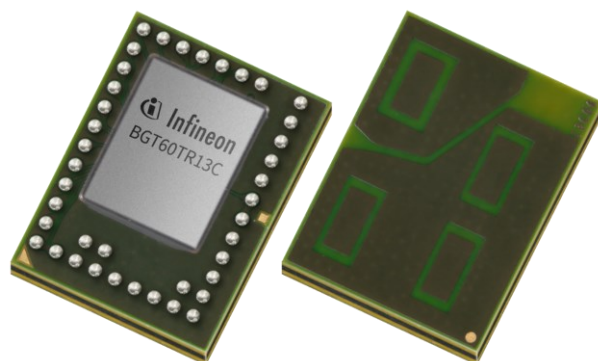
等価となる



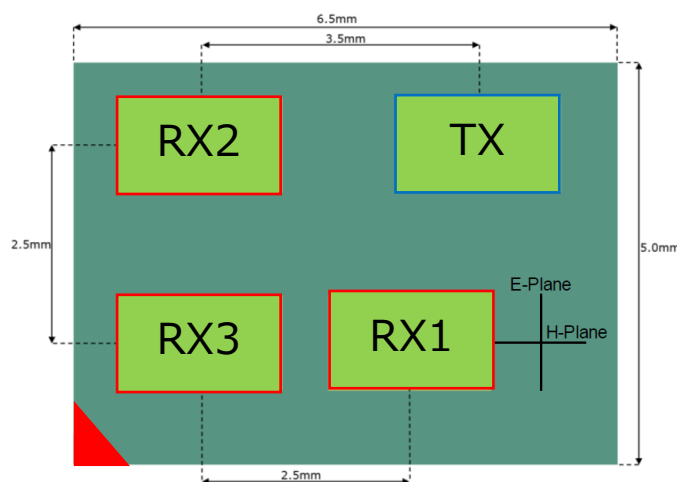
直列8素子x4列
パッチアンテナ
Gain = 16 dBi typ

4 ~ 5dB の改善が期待できる

ローコストミリ波レーダーIC BGT60TR13C



RF IC
型式: **BGT60TR13C**
製造: インフィニオンテクノロジーAG(ドイツ)

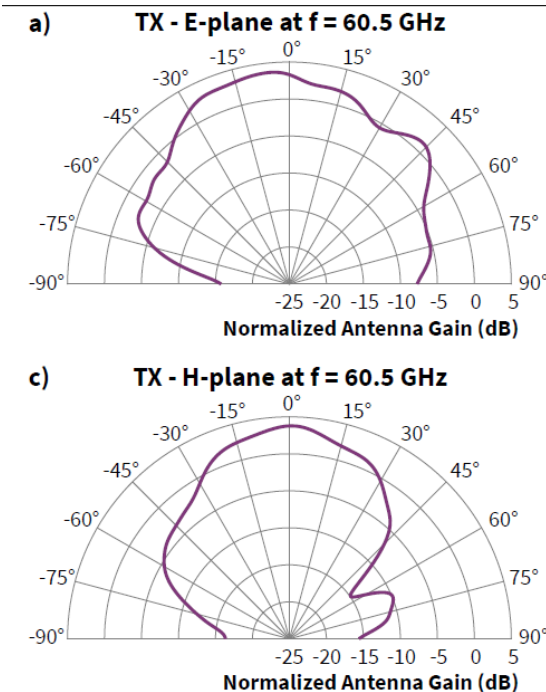


Package Dimension: 6.5 mm x 5.0 mm x 0.858 mm

アンテナ仕様	
周波数	60GHz
形状	$\lambda/2 \times 1$ 素子平面アンテナ
空中線利得	5dBi typ
偏波	直線偏波

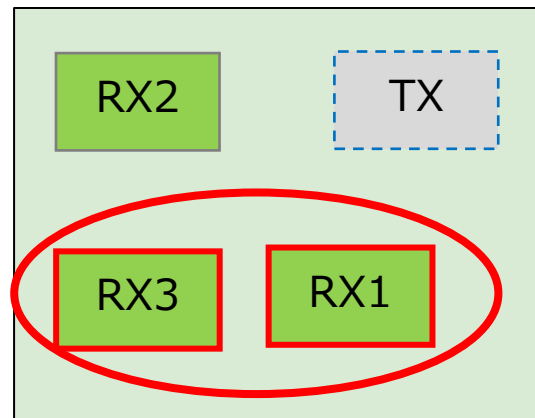
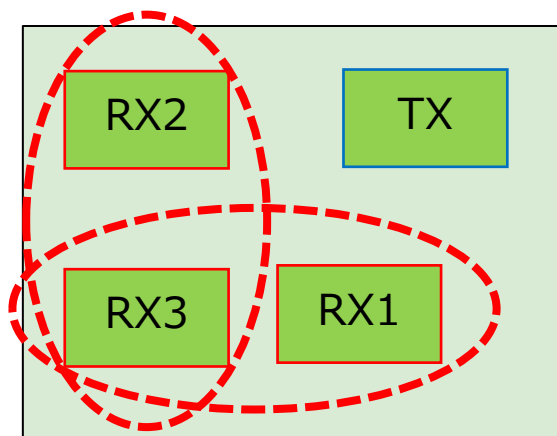
Measurement results

Radiation Pattern

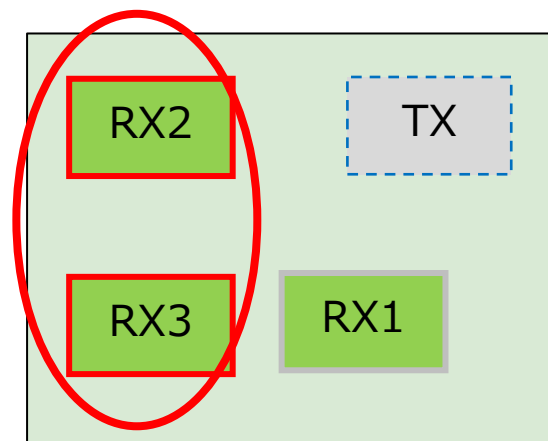


HPBW_TX_E	Deg	50	65	80
HPBW_TX_H	Deg	25	40	55

位相モノパルスによるAOA検知（方位・仰角）



RX3 と RX1 の位相モノパルスにより
水平方向AOA（アジマス）角度計算を実行
する。



RX3 と RX2 の位相モノパルスにより
仰角方向AOA（エレベーション）角度計算
を実行する。

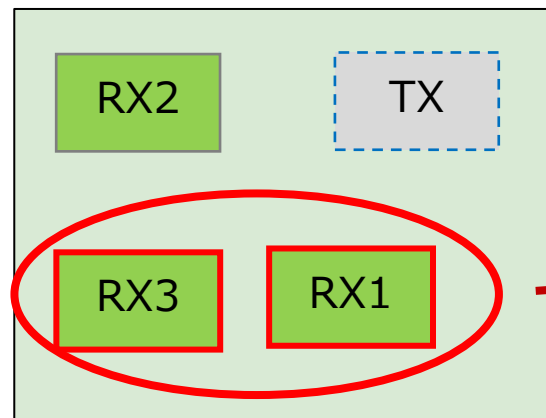
RF IC

型式: BGT60TR13C

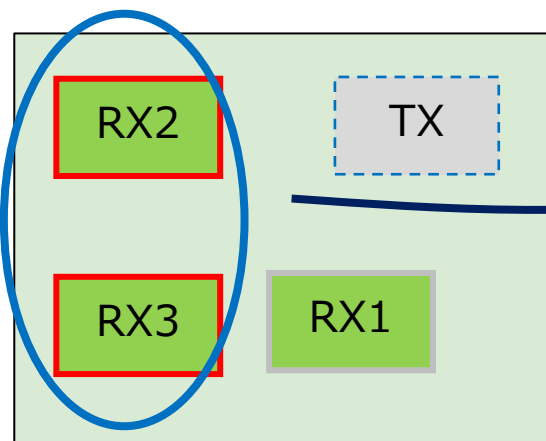
製造: インフィニオンテクノロジーAG(ドイツ)



ベクトル加算による利得改善

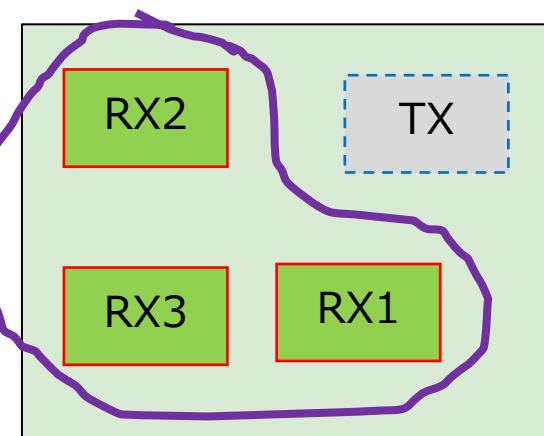


RX3 と RX1 の位相モノパルスにより
水平方向AOA（アジマス）角度計算を実行する。



RX3 と RX2 の位相モノパルスにより
仰角方向AOA（エレベーション）角度計算を実行する。

絶対値として加算する事で
3パッチアンテナとして
駆動させる。

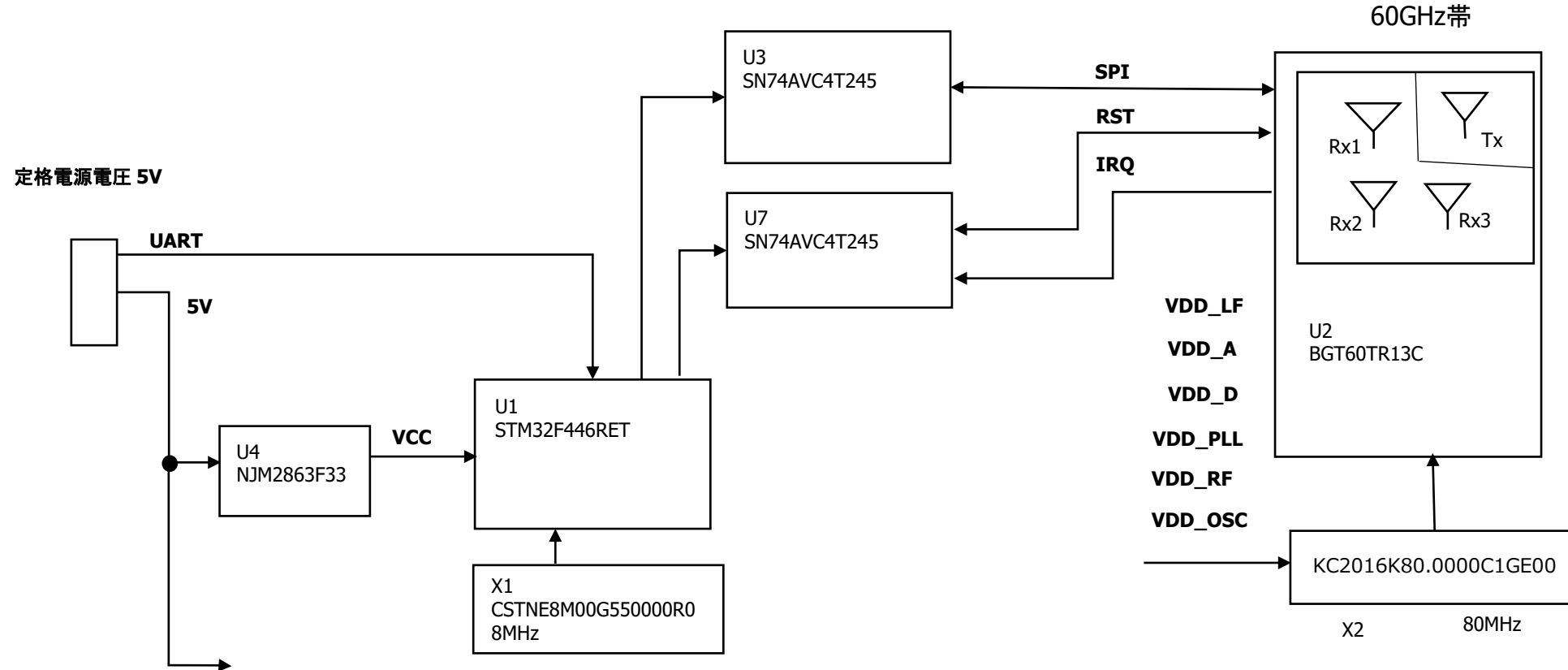


60GHz 移動体検知センサー WIZ-1

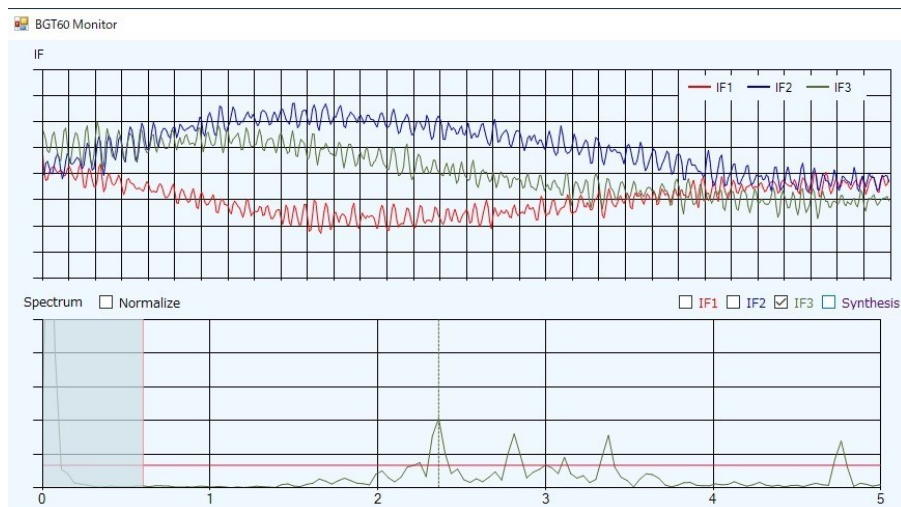
ミリ波によるレーダセンサ技術は識別能力(分離分解能)が高く、次世代IoTへの活用や遠隔介護のための有効なツールとなりえるなど、社会性の高い技術となります。

国内電波法技術適合審査取得
ARIB STD-T73 移動体検知センサー
※ARIB STD-T48 ミリ波レーダー(オプションにて対応可能)

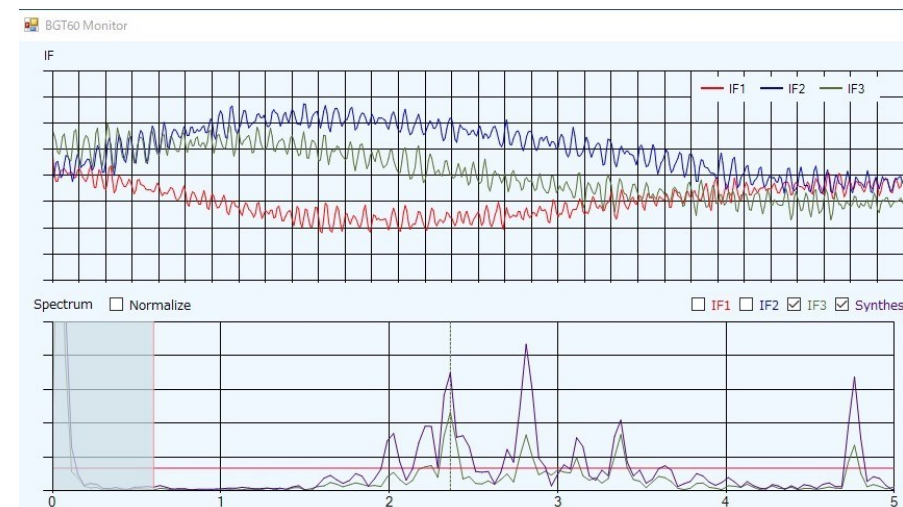
60GHz 移動体検知センサー WIZ-1



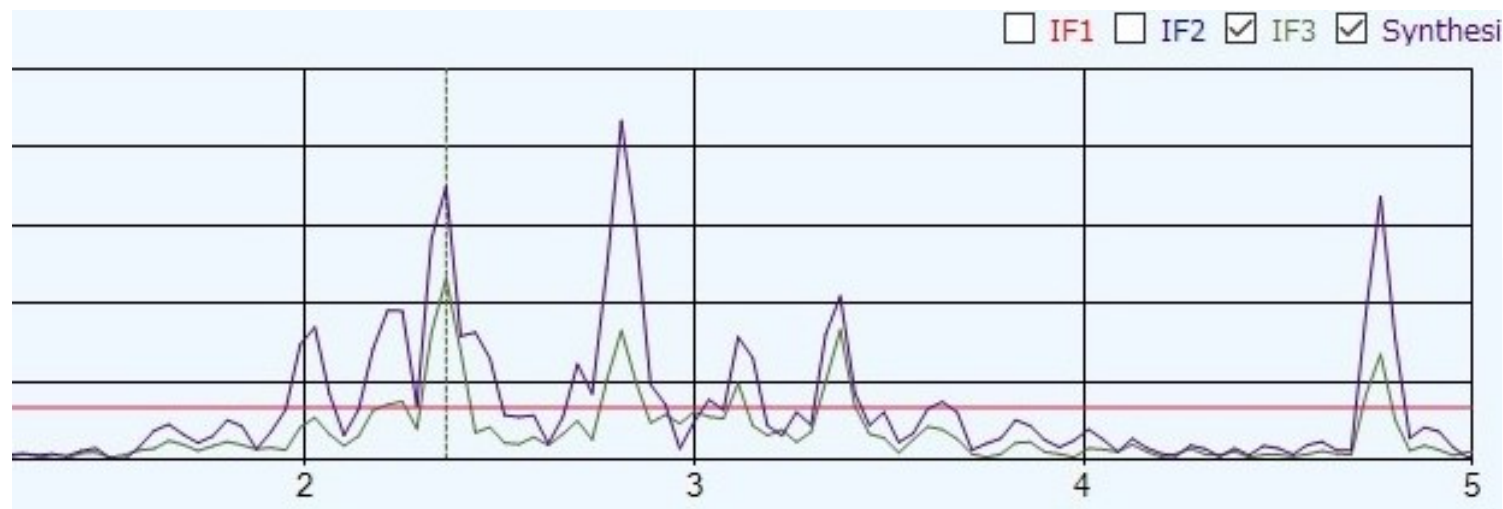
ベクトル加算による利得改善



加算前



加算後



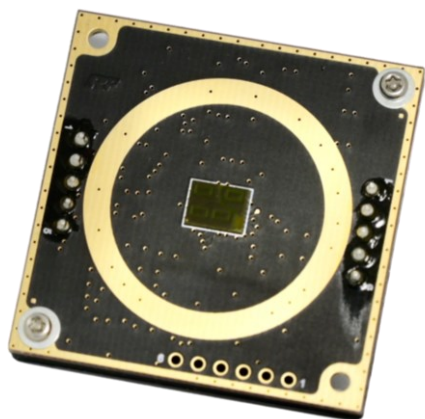
顕著な改善が確認出来た。

60GHz 移動体検知センサー WIZ-1

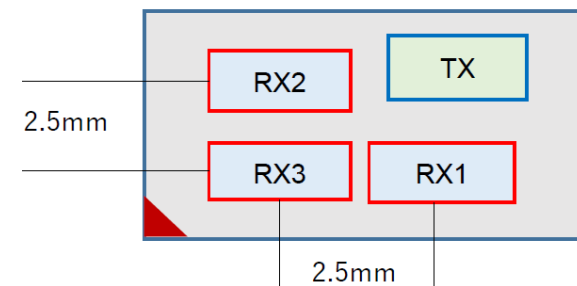
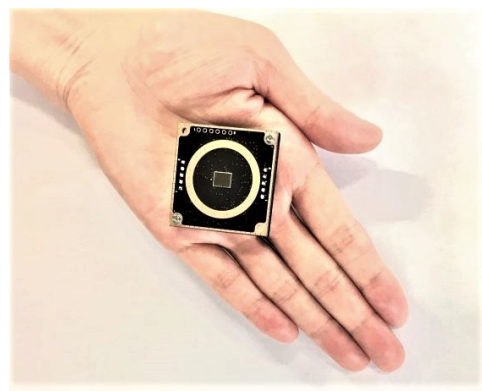
国内電波法技術適合審査取得
AIP（アンテナインパッケージ）デバイスを搭載
ローコスト、低消費を実現致
送信1ch, 受信3ch により3次元の検知が可能
ARM Coretex M4 の採用にてBOMコスト削減

項 目		仕 様
使用周波数	Center Frequency	60GHz
周波数帯域幅	Modulation Band Width	4G Hz
送信出力	Power output	6.3 mW typ.
特徴	Antenna Config	Tx 1ch, Rx 3ch, パッチアンテナ
	BeamWidth (-6dB BW)	E plane 120 deg, H plane 140 deg

R2



外形寸法40×40mm
コネクタタイプ



アンテナレイアウト
Tx：送信
Rx：受信

60GHz 移動体検知センサー WIZ-1

国内電波法技術適合審査取得

AIP（アンテナインパッケージ）デバイスを搭載

ローコスト、低消費電力を実現

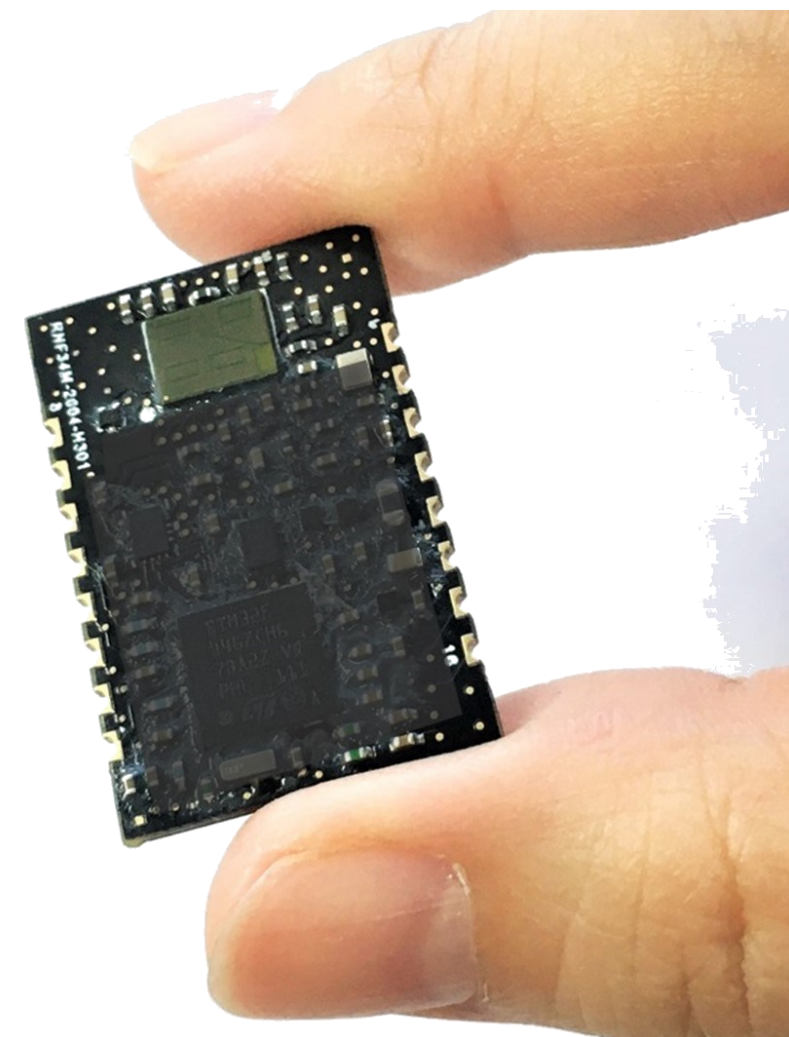
送信1ch, 受信3ch により3次元の検知が可能

ARM Coretex M4 の採用にてBOMコスト削減

距離・角度・状態検出センサ

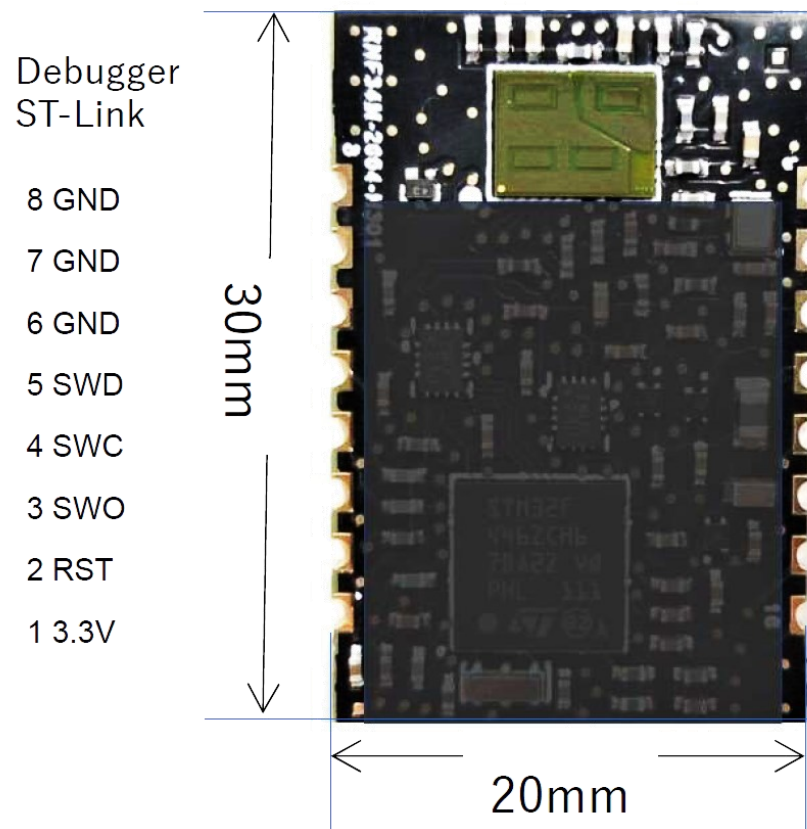
項目	WIZ-1-R3
送信周波数	58 ~ 63.5 GHz
送信出力(e.i.r.p)	13 dBm max
放射角(-6dB BW)	E plane 120 deg, H plane 140 deg
検知角度範囲(ambi)	V, H : 180 deg
外形寸法	30 x 20 mm
インタフェース	UART

R3



60GHz 移動体検知センサー WIZ-1

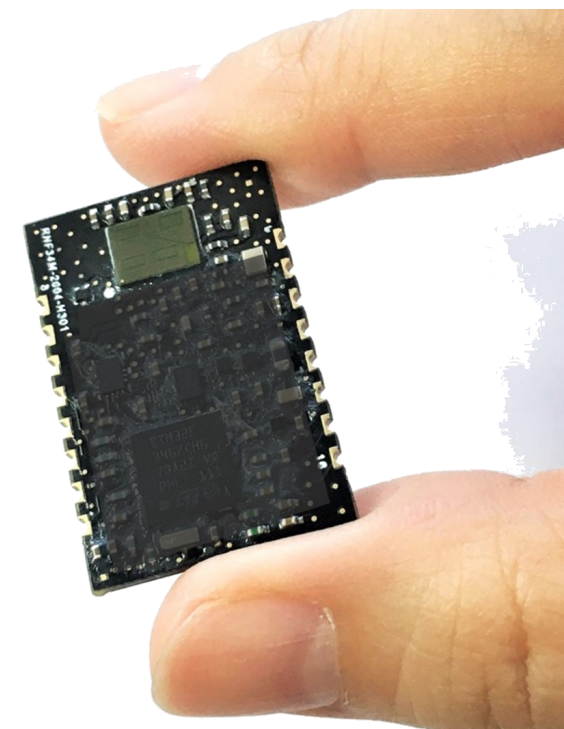
R3



Power Supply
UART (Hi Speed)

- 9 GND
- 10 GND
- 11 GND
- 12 5V
- 13 UART TX
- 14 UART RX
- 15 GPIO1
- 16 GPIO2

Infineon 60GHz BGT60TR13C
STMicro STM32F446ZCH6(BGA)



60GHz 移動体検知センサー WIZ-1 評価キット



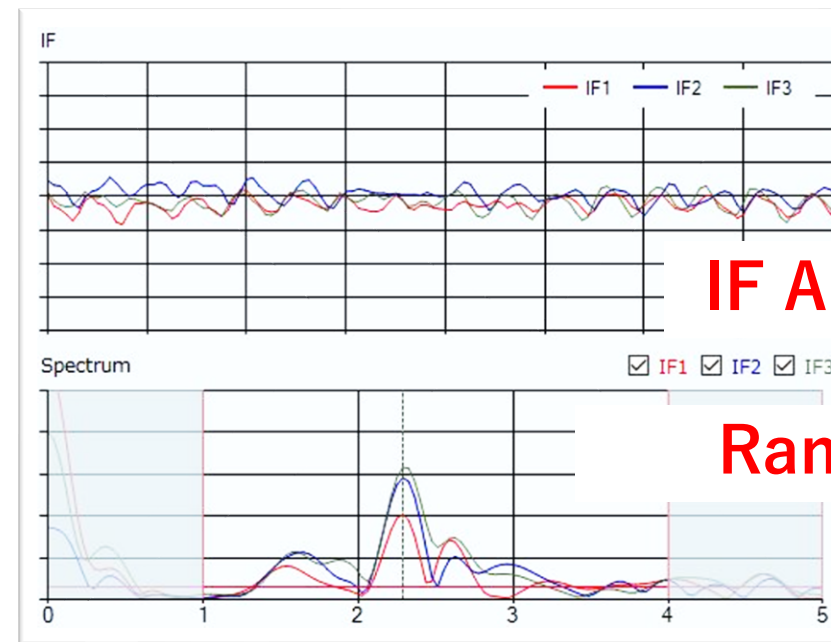
評価キットのご提案

Windows対応 GUIソフト付属

- USB接続により手軽に動作確認が可能
- 距離FFT表示
- 水平・垂直 ベクトルスコープ
- ピーク検出
- 外乱除去機能実装

WIZ-1-EVM

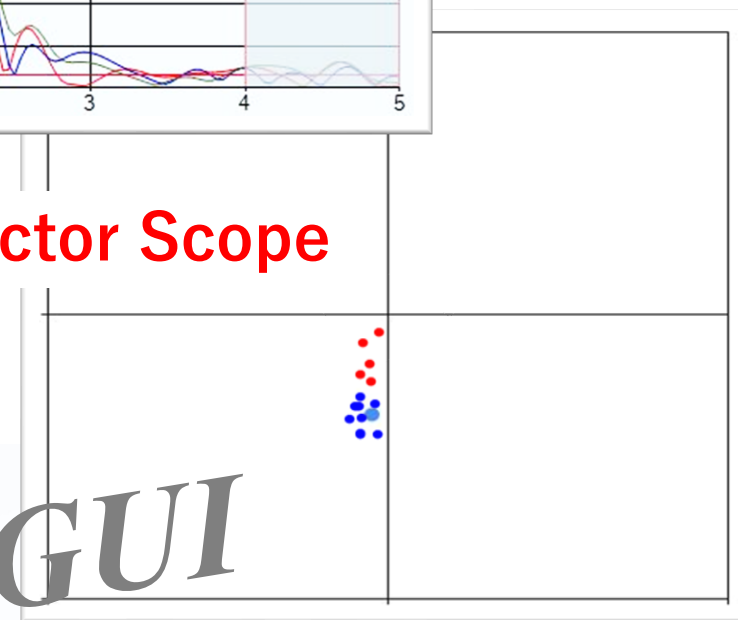
WIZ-1-GUI



IF ADC waveform

Range FFT

2D Vector Scope





WIZ-1-EVM

Windows GUI
判定表示箇所

いわゆるスワイプ動作
(左右に物標が横切る)
の実演



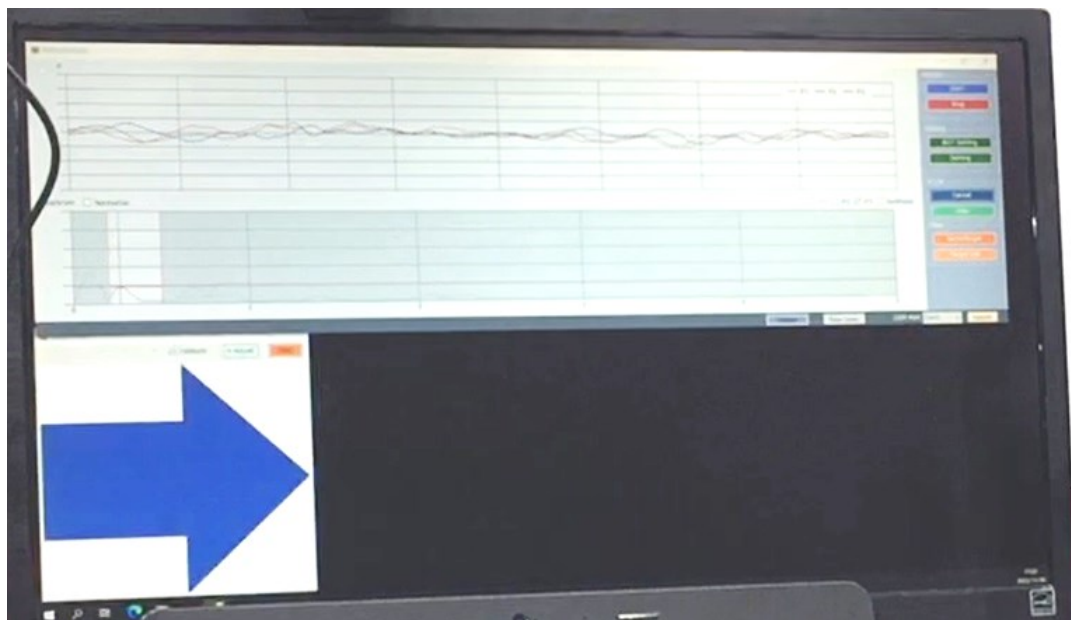
WIZ-1-EVM

Windows GUI
判定表示箇所



左スワイプ





WIZ-1-EVM

Windows GUI
判定表示箇所



右スワイプ





WIZ-1-EVM

ピーティーエム株式会社

高周波技術のエキスパート 情報・移動体通信市場のプロフェッショナル集団

マイクロ波・ミリ波のレーダ事業に関しては主に民生、産業向けに20年近い実績とノウハウを有しています。
受託開発や製品設計から製造・販売に至るまで全般的にサービスを提供しています。

