



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

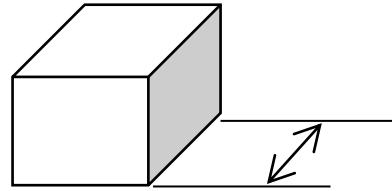


心臓の鼓動による人体表
面のわずかな動きを認識
して、心拍数や心拍間隔
等の生態情報を取得

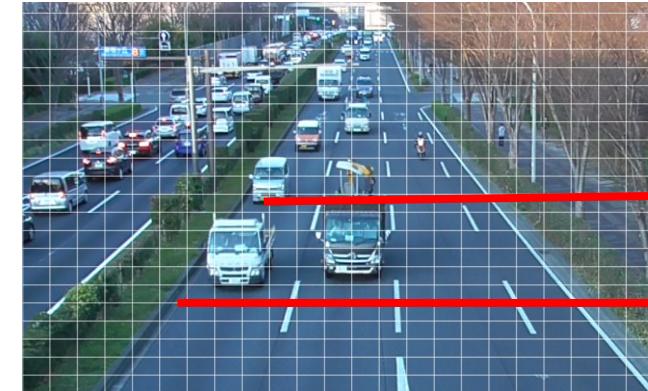
総務省ホームページより 情報通信審議会作業部会

従来型マイクロ波レーダとの比較

24GHz帯 帯域幅制限 200MHz

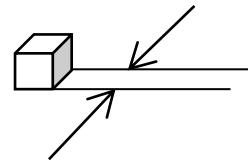


分解能 80 cm



ユースケース
車間識別など

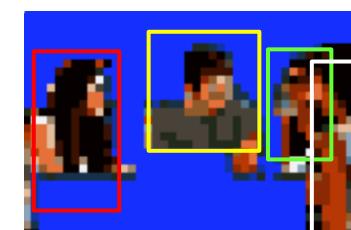
60GHz帯 許容帯域幅 7GHz (新法)



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拡がる。

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
等価等方輐射電力(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

$$e.i.r.p = Pt + Ga$$

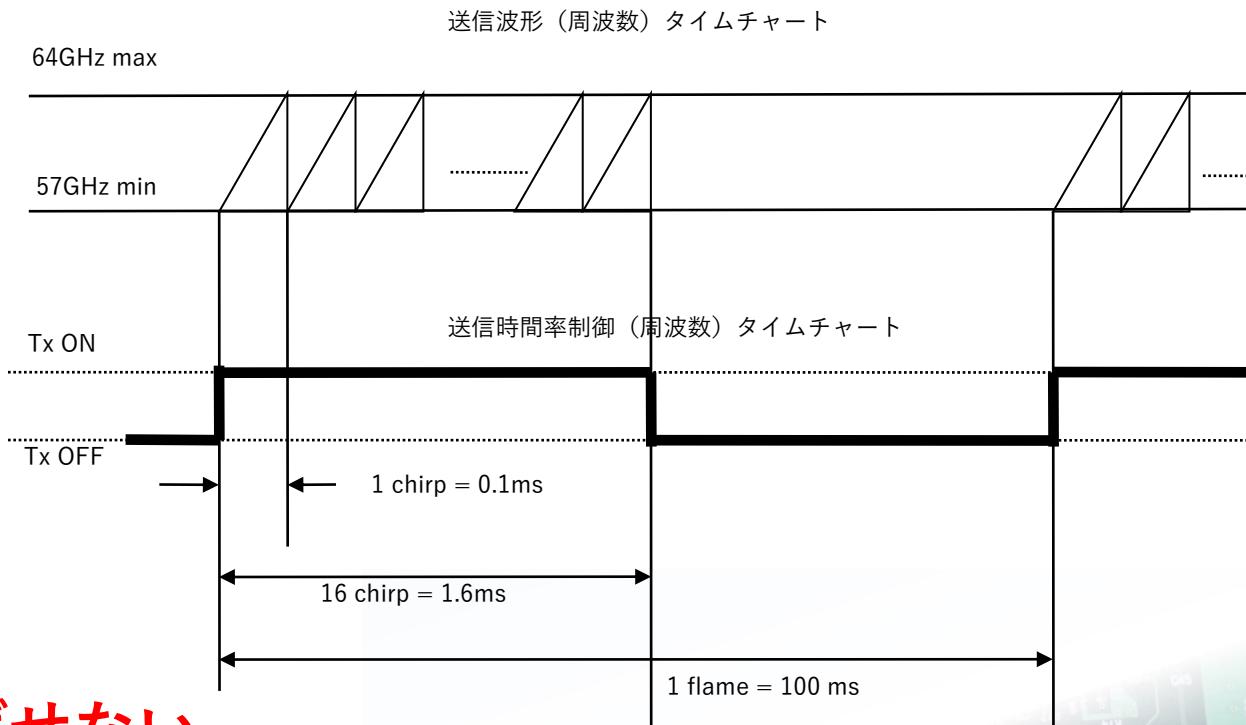
Pt : Transmit Power

Ga : Antenna Gain

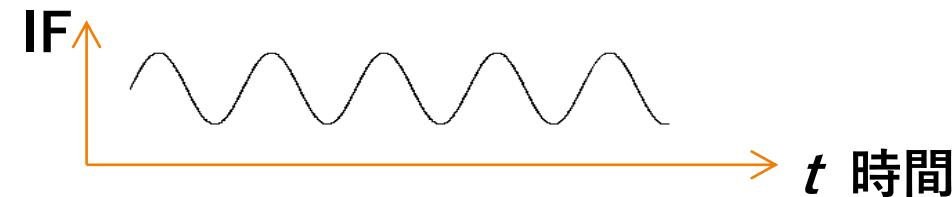
出力に対する規定が厳しい = 電波を飛ばせない
時間率規定が厳しい = 加算による利得改善が出来ない。

Duty10% 規定

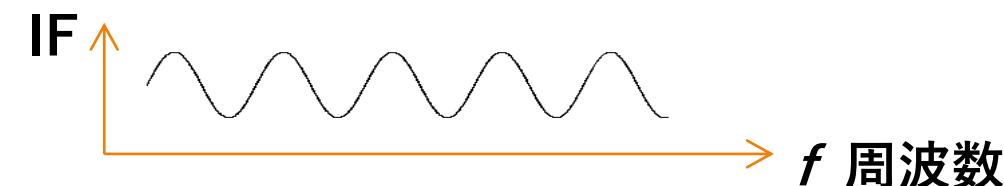
33ms またはそれを超える時間当たりの
送信時間の総和が3.3ms 以下



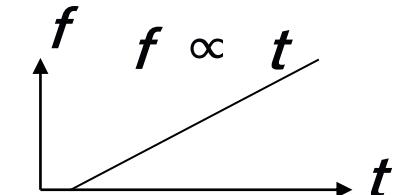
- FMCWレーダ
時間軸上の信号 = ビート信号



- 定在波レーダ
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

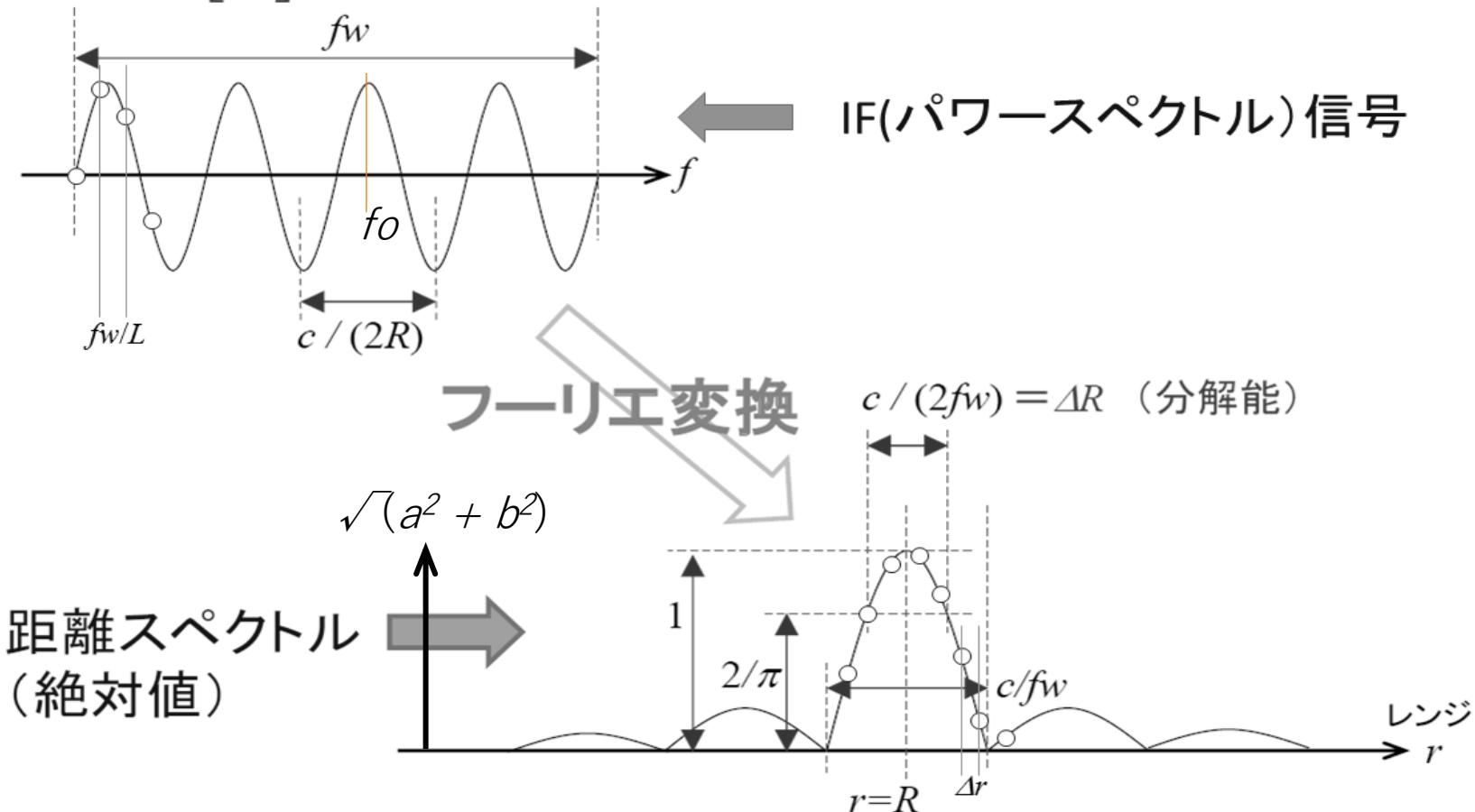


定在波レーダは、パワースペクトルとして信号処理する
従来のFMCWレーダの信号処理を定在波レーダと同様にできる

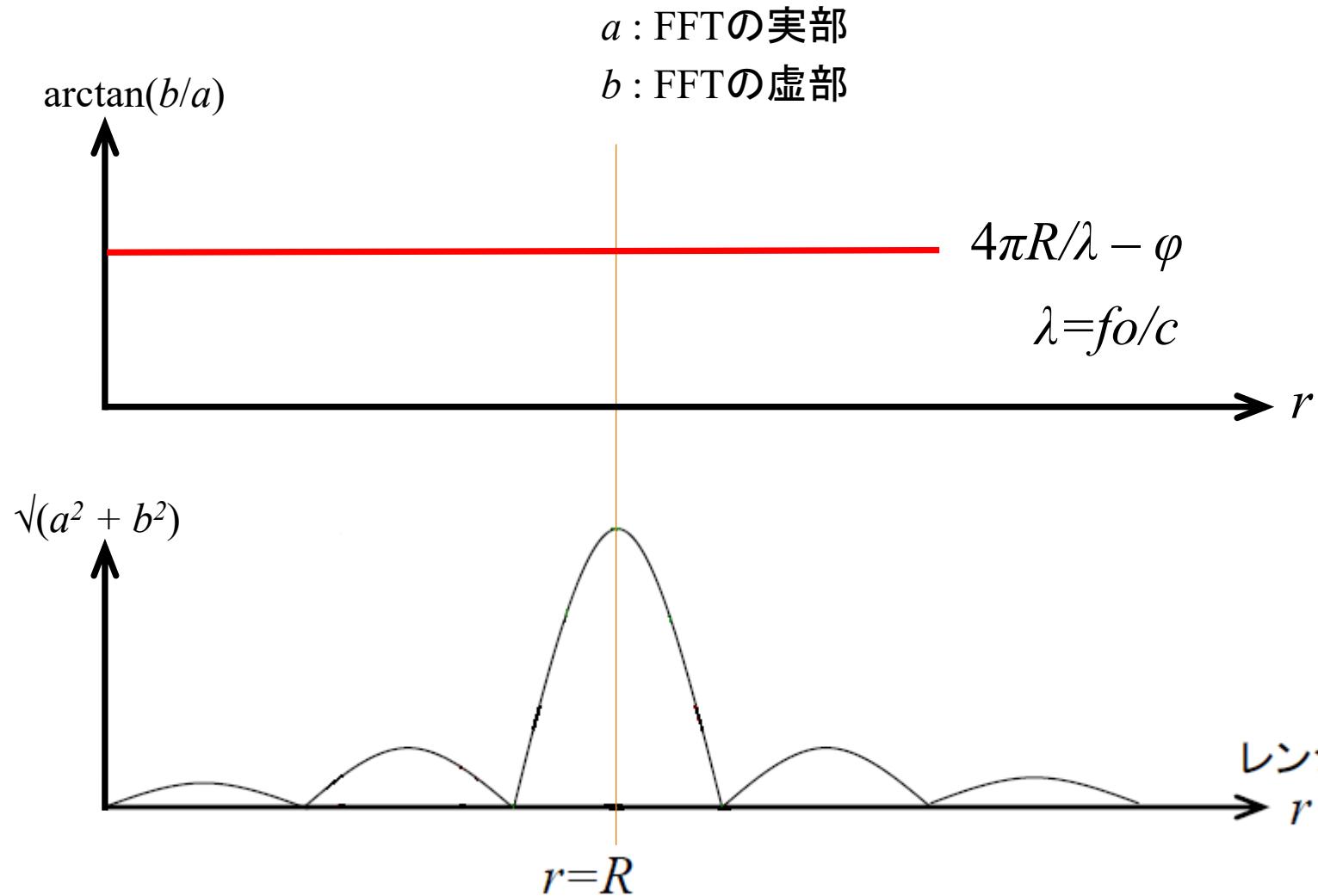


定在波レーダーによる測距アルゴリズム

距離 R [m] に目標物がある場合

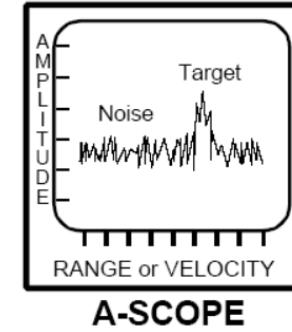
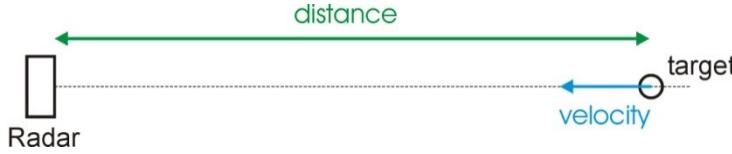


位相検出の最適化



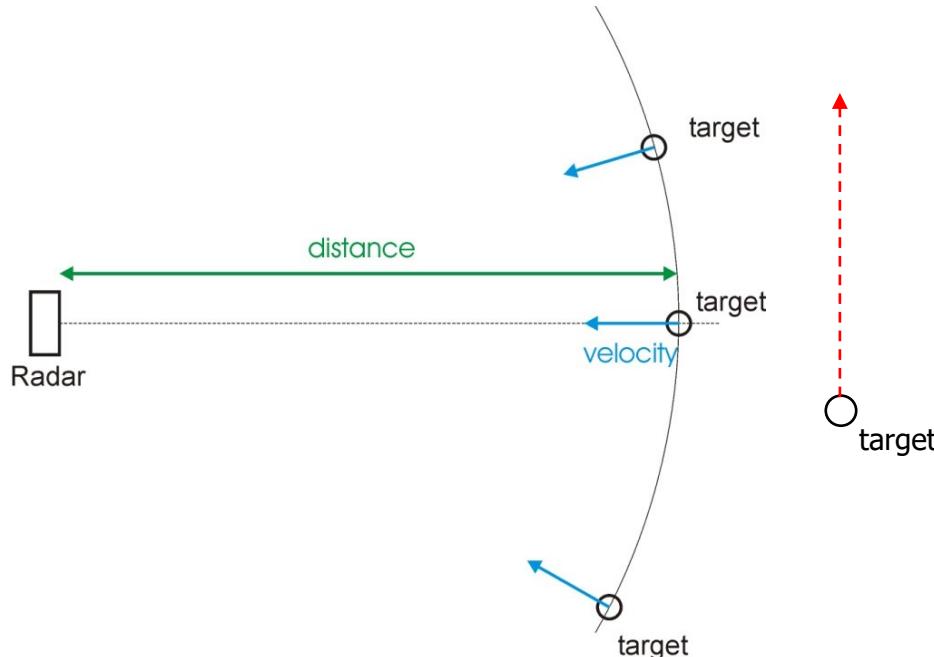
一つのスペクトラムに対して
位相は変化しない。

- 従来の一般的な測距型、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)

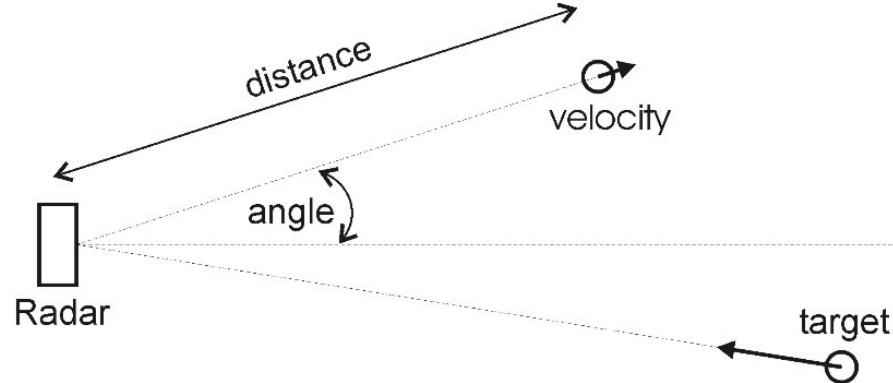


From : FACULTY OF ENGINEERING/
Department of Electrical and Communication Engineering

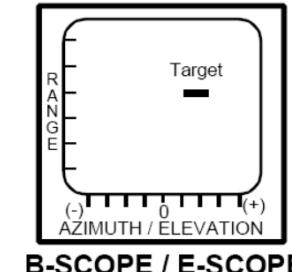
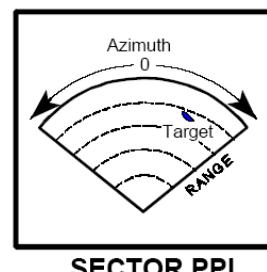
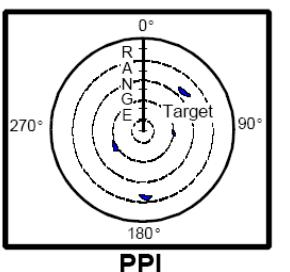
- この為、例えば同心円上の複数目標や同心円上の動き（横切りなど）などは識別出来ない。



- この問題の解決策として方位角探知（到來角推定）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。

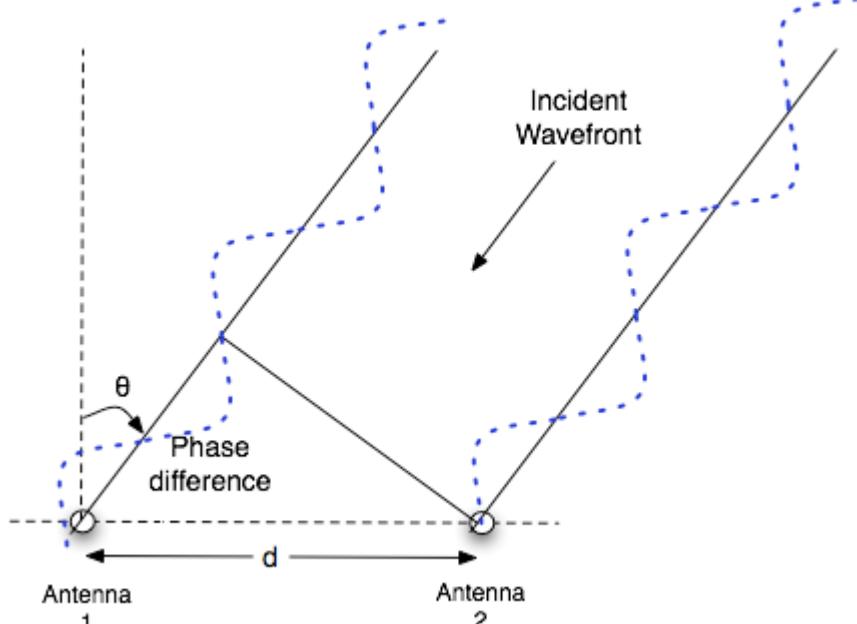




位相モノパルス方式による多次元化

- アンテナ数を複数化する事で方位検知（到來角推定）が可能となる。

アプローチ： 位相モノパルス方式



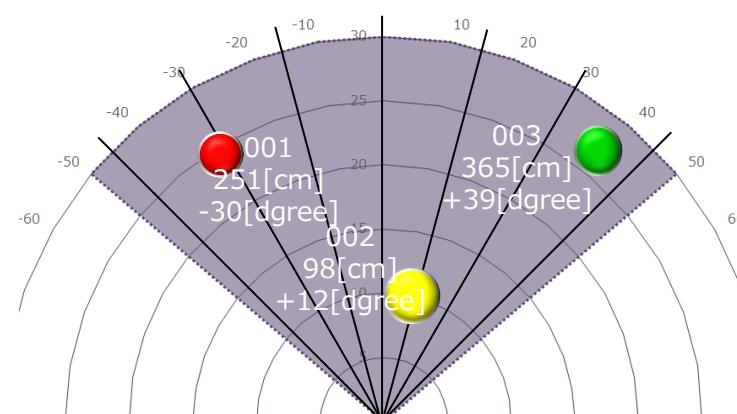
位相モノパルス方式

- ・ 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。

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。

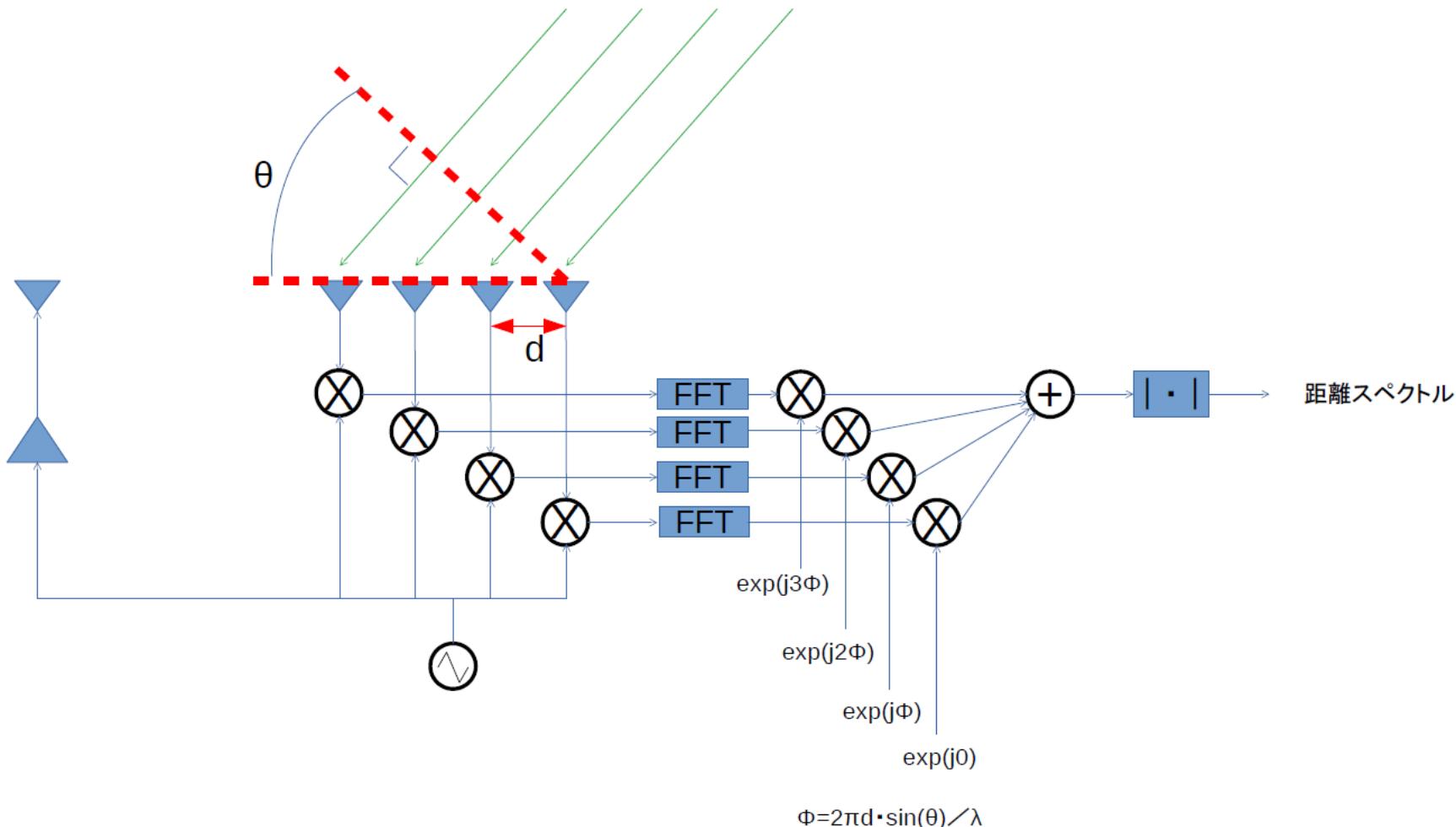
Target List

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





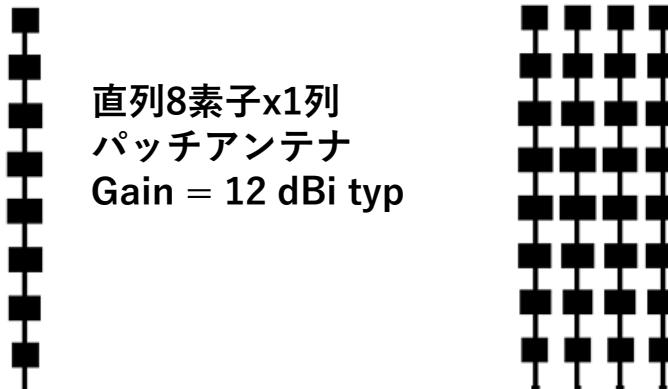
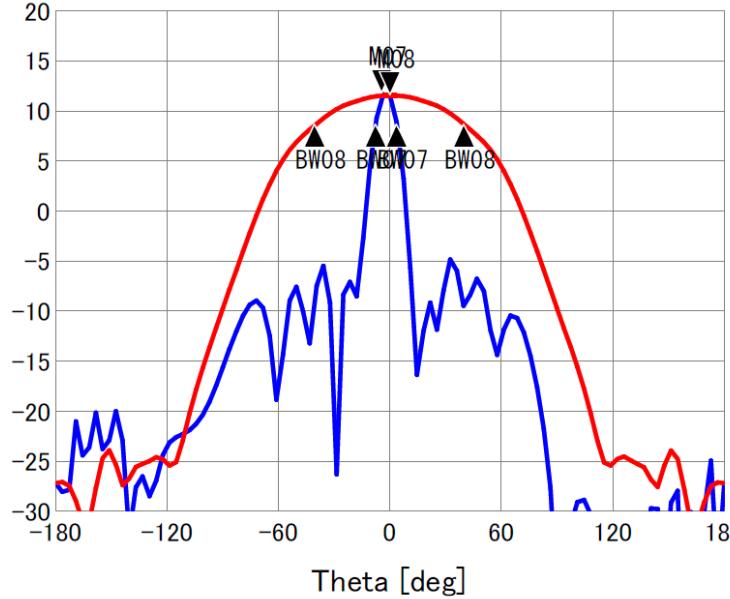
ビームフォーミングの基本原理



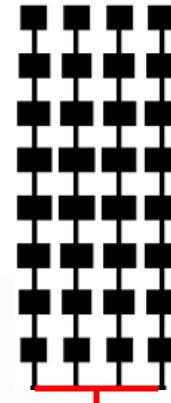
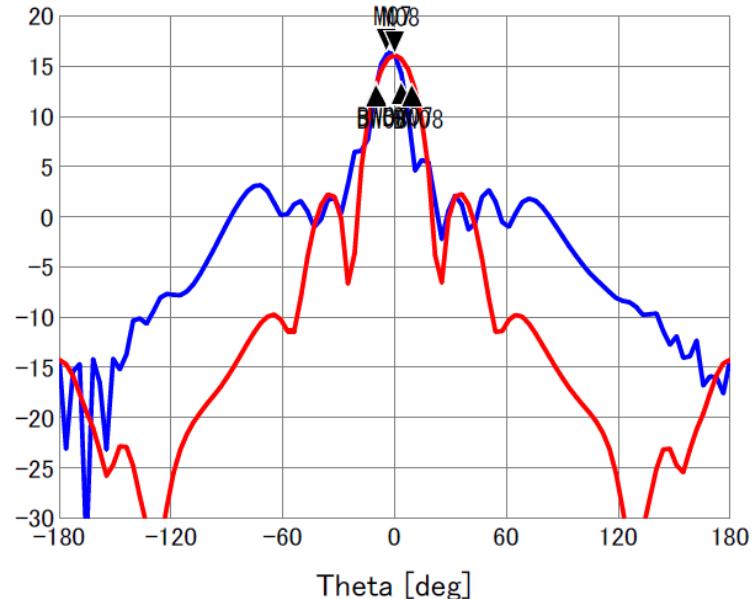
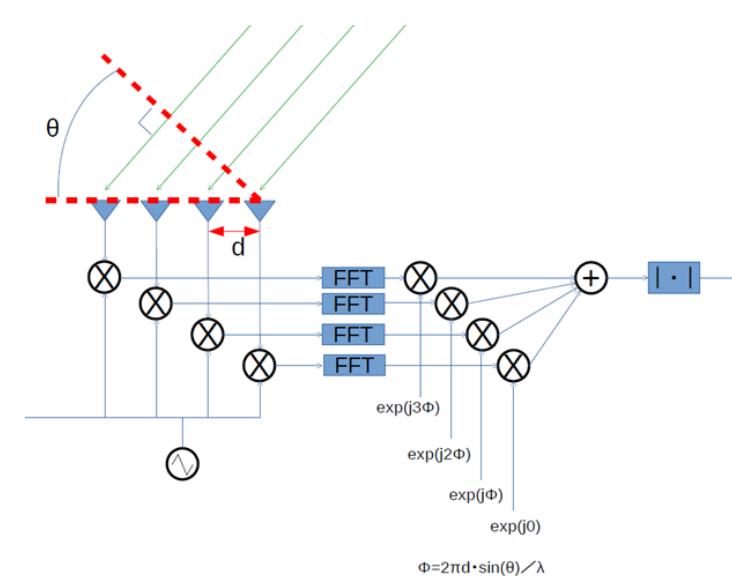
θを変数として演算を行い角度ごとに解析する。



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x4列
パッチアンテナ
Gain = 16 dBi typ

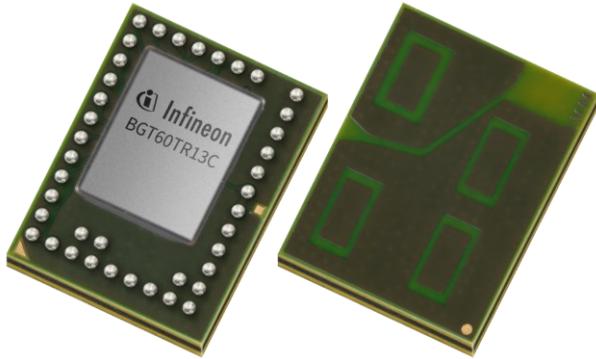
直列8素子x1列
パッチアンテナ
Gain = 12 dBi typ
4 ch を受信し、ベクトル合成する事で

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

4 ~ 5dB の改善が期待できる

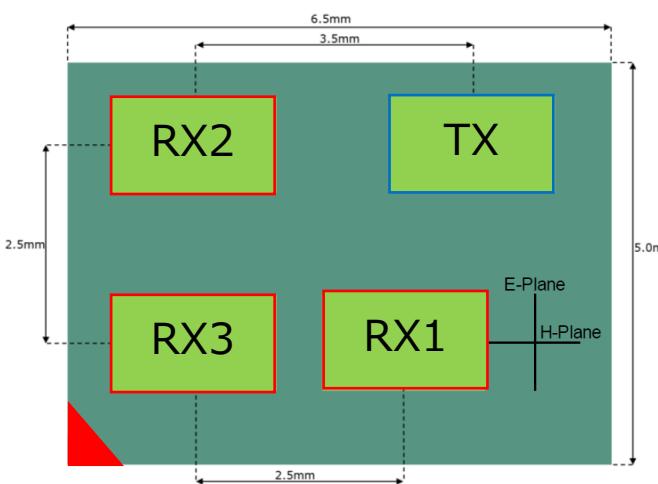
ローコストミリ波レーダーIC BGT60TR13C



RF IC

型式: BGT60TR13C

製造: インフィニオンテクノロジーAG(ドイツ)



アンテナ仕様

周波数 60GHz

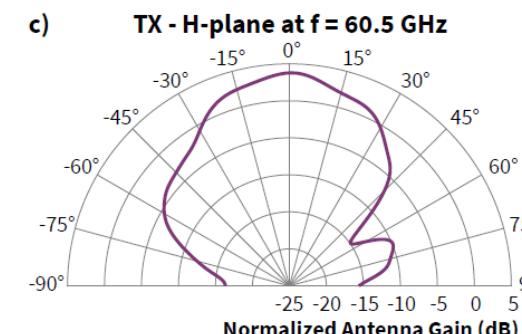
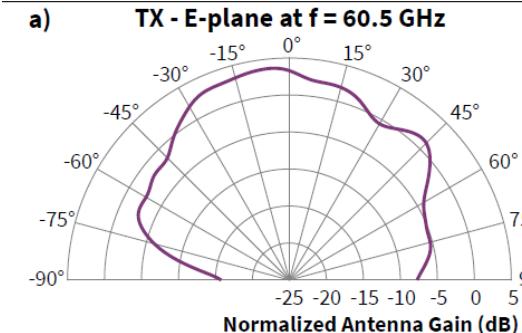
形状 $\lambda/2 \times 1$ 素子平面アンテナ

空中線利得 5dBi typ

偏波 直線偏波

Measurement results

Radiation Pattern

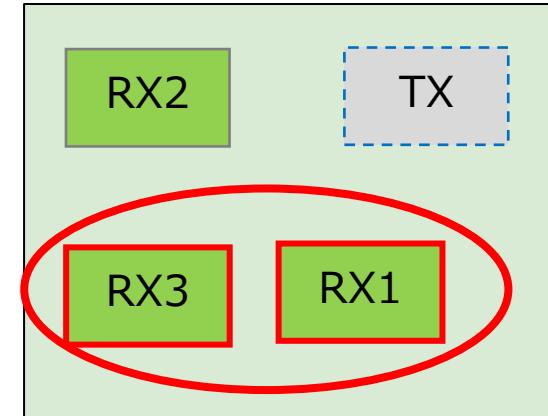
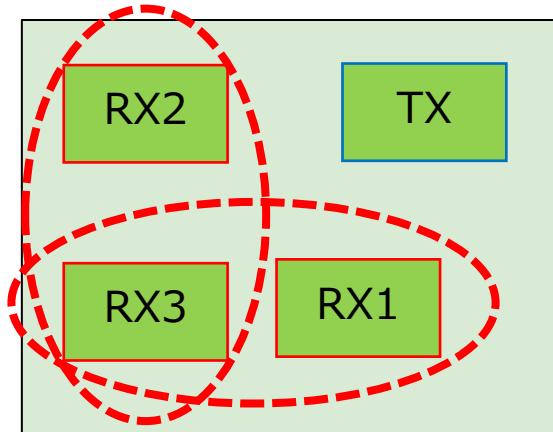


HPBW_TX_E	Deg	50	65	80
HPBW_TX_H	Deg	25	40	55

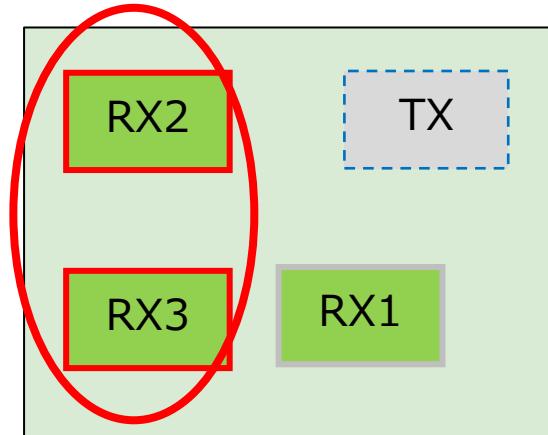
HPBW_TX_H	Deg	25	40	55
HPBW_TX_E	Deg	50	65	80



位相モノパルスによるAOA検知（方位・仰角）

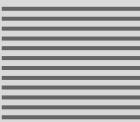


RX3 と RX1 の位相モノパルスにより
水平方向AOA（アジャマス）角度計算を実行
する。

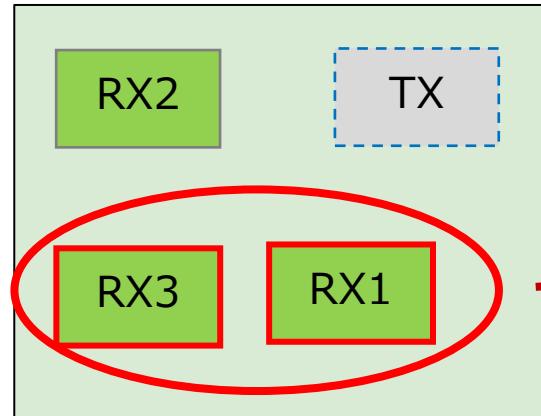


RX3 と RX2 の位相モノパルスにより
仰角方向AOA（エレベーション）角度計算
を実行する。

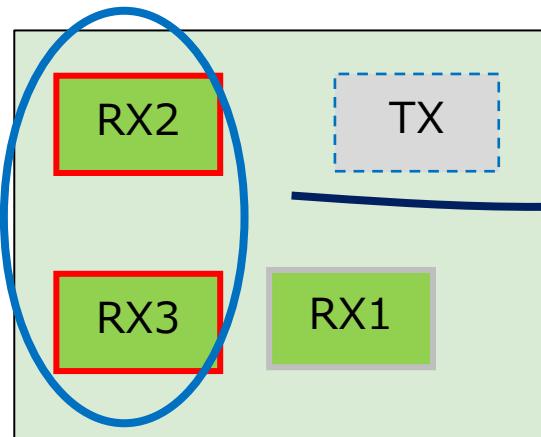
RF IC
型式: **BGT60TR13C**
製造: インフィニオンテクノロジーAG(ドイツ)



ベクトル加算による利得改善

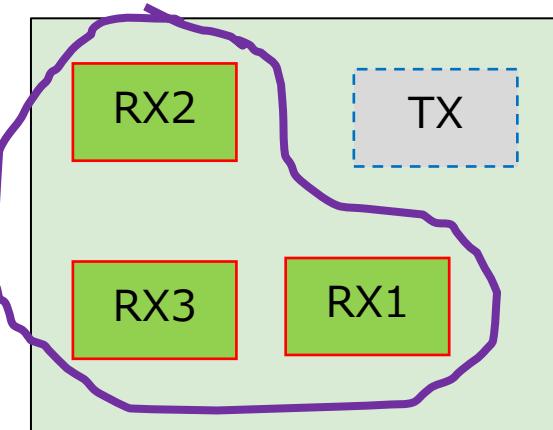


RX3 と RX1 の位相モノパルスにより
水平方向AOA（アジマス）角度計算を実行
する。



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。

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。

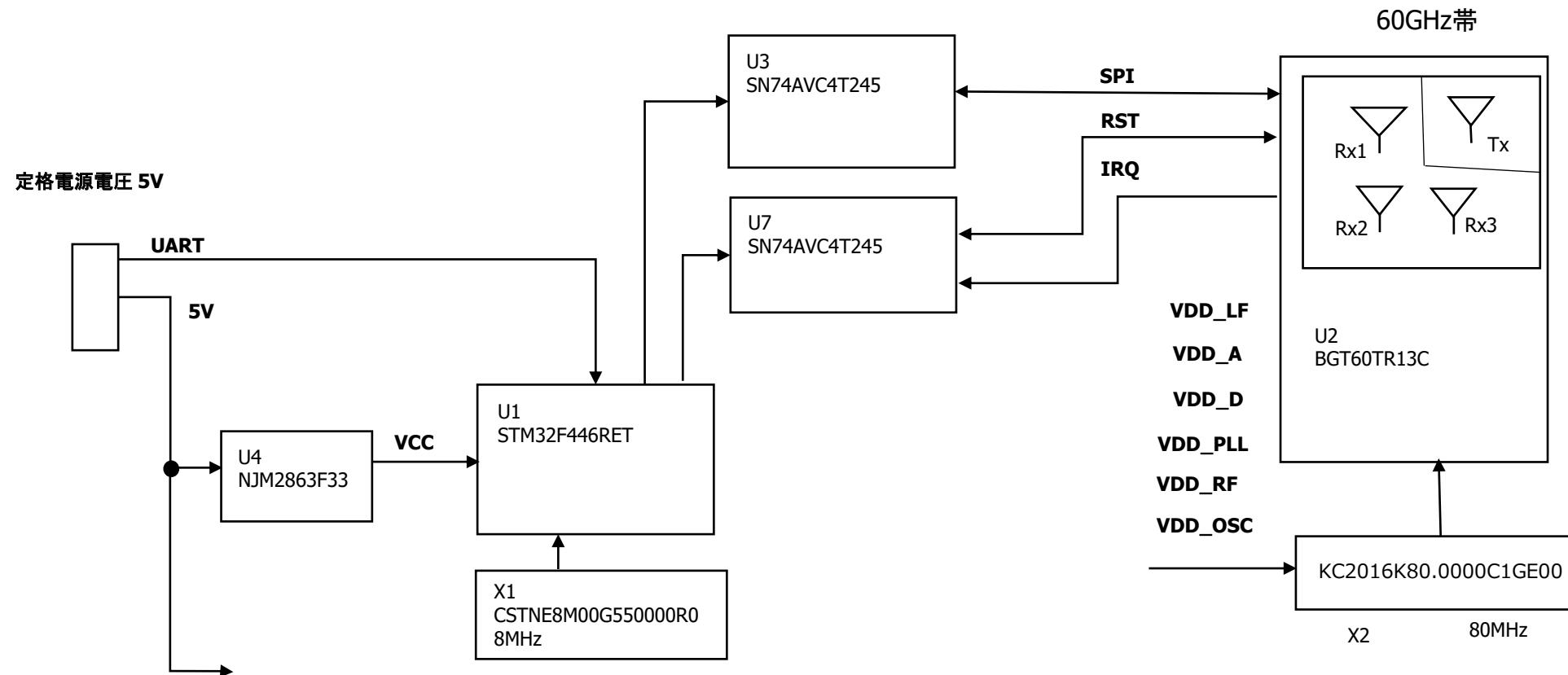


RF IC
型式: BGT60TR13C
製造: インフィニオンテクノロジーAG(ドイツ)

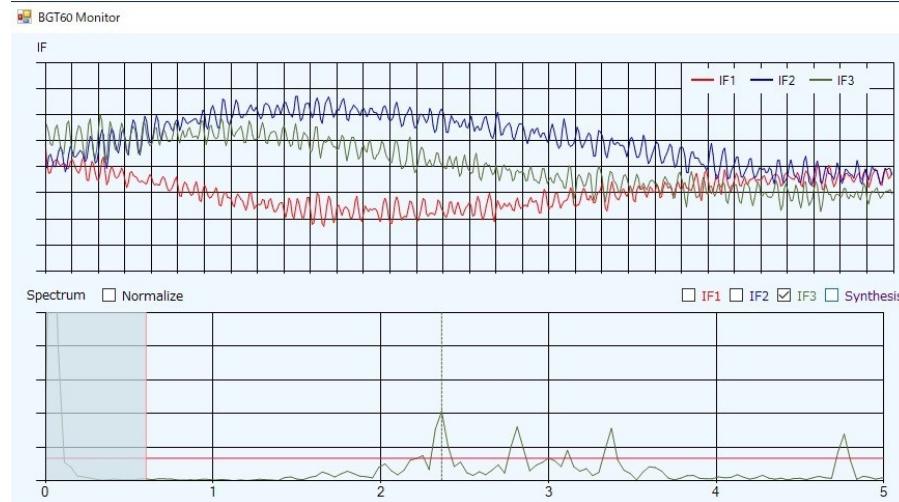


トランジスタ技術 4月号に掲載

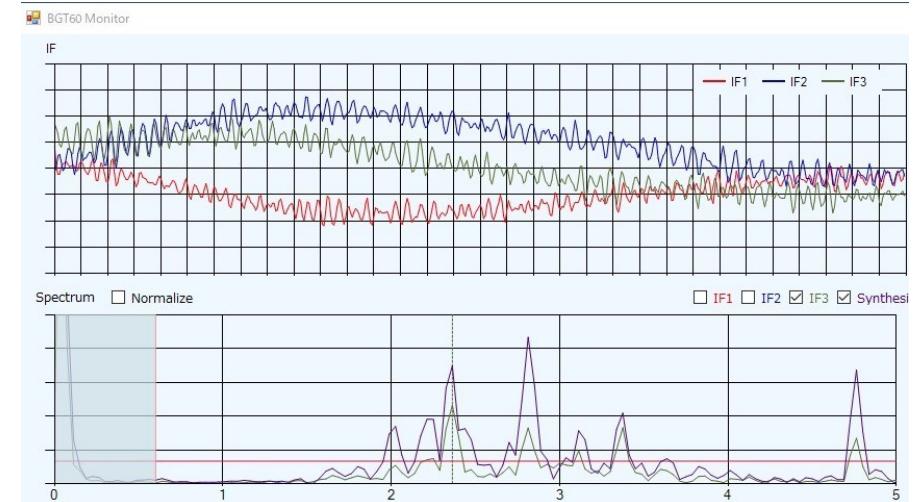
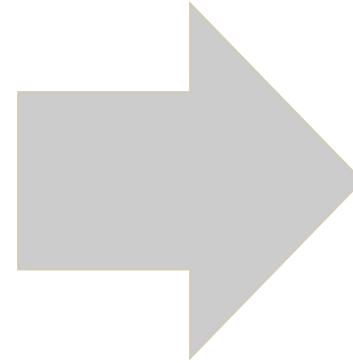
60GHz 移動体検知センサー WIZ-1



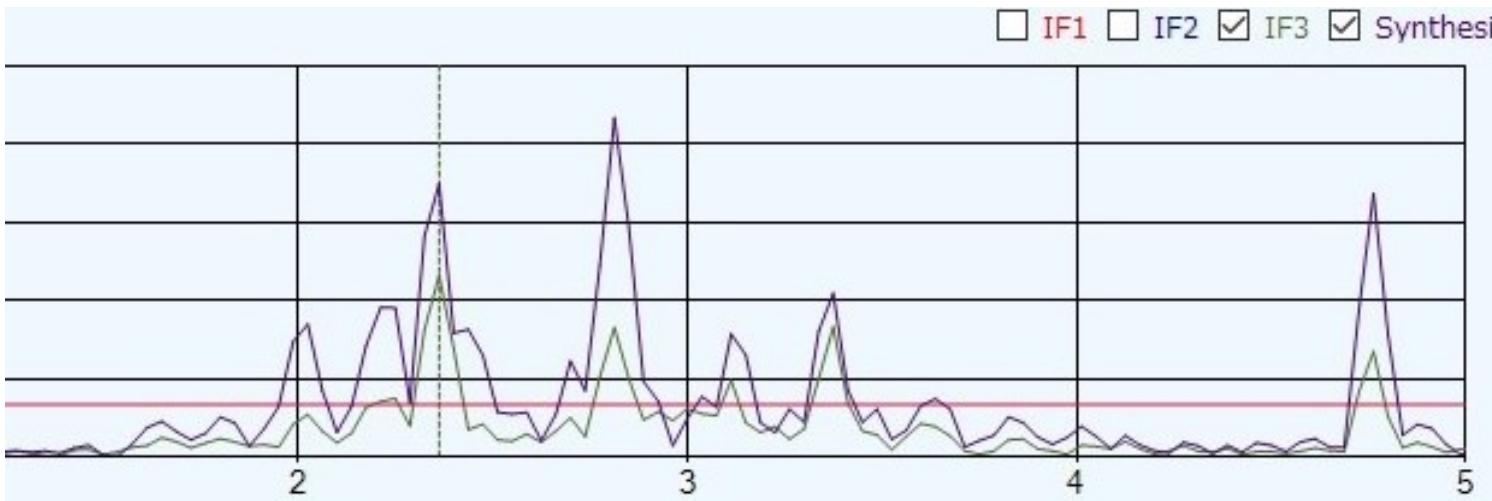
ベクトル加算による利得改善



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

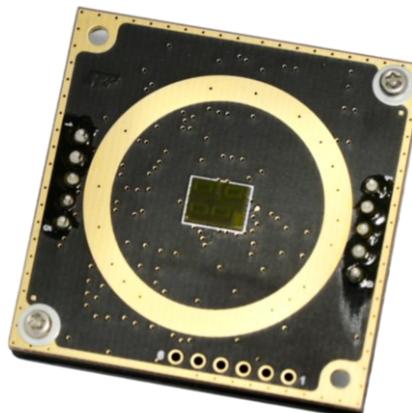
AIP（アンテナインパッケージ）デバイスを搭載

ローコスト、低消費を実現致

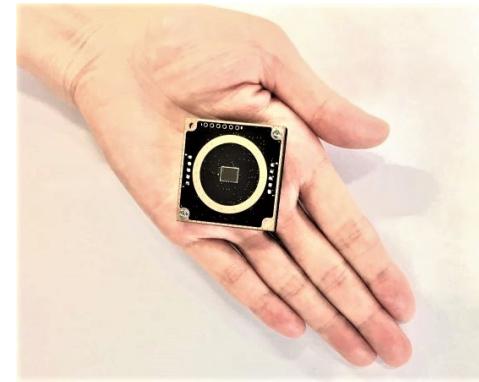
送信1ch, 受信3ch により3次元の検知が可能

ARM Coretex M4 の採用にてBOMコスト削減

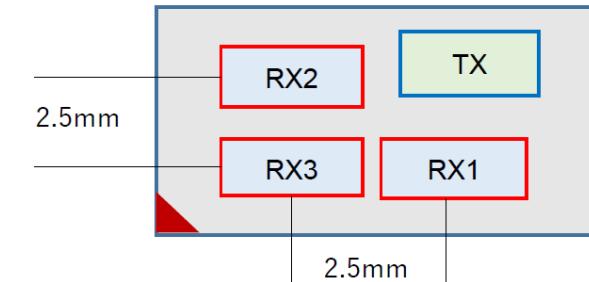
R2



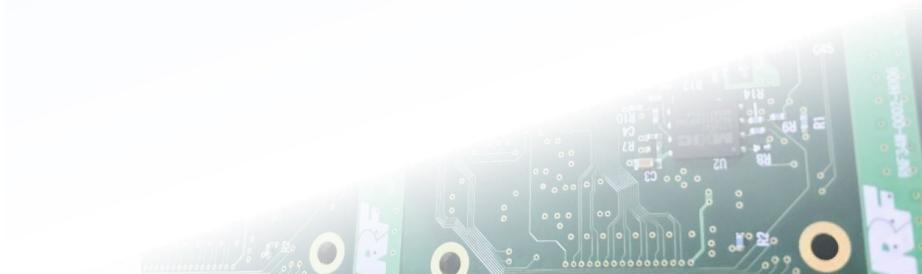
外形寸法40×40mm
コネクタタイプ



項目	仕様
使用周波数	Center Frequency
周波数帯域幅	Modulation Band Width
送信出力	Power output
特徴	Antenna Config
	BeamWidth (-6dB BW)



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

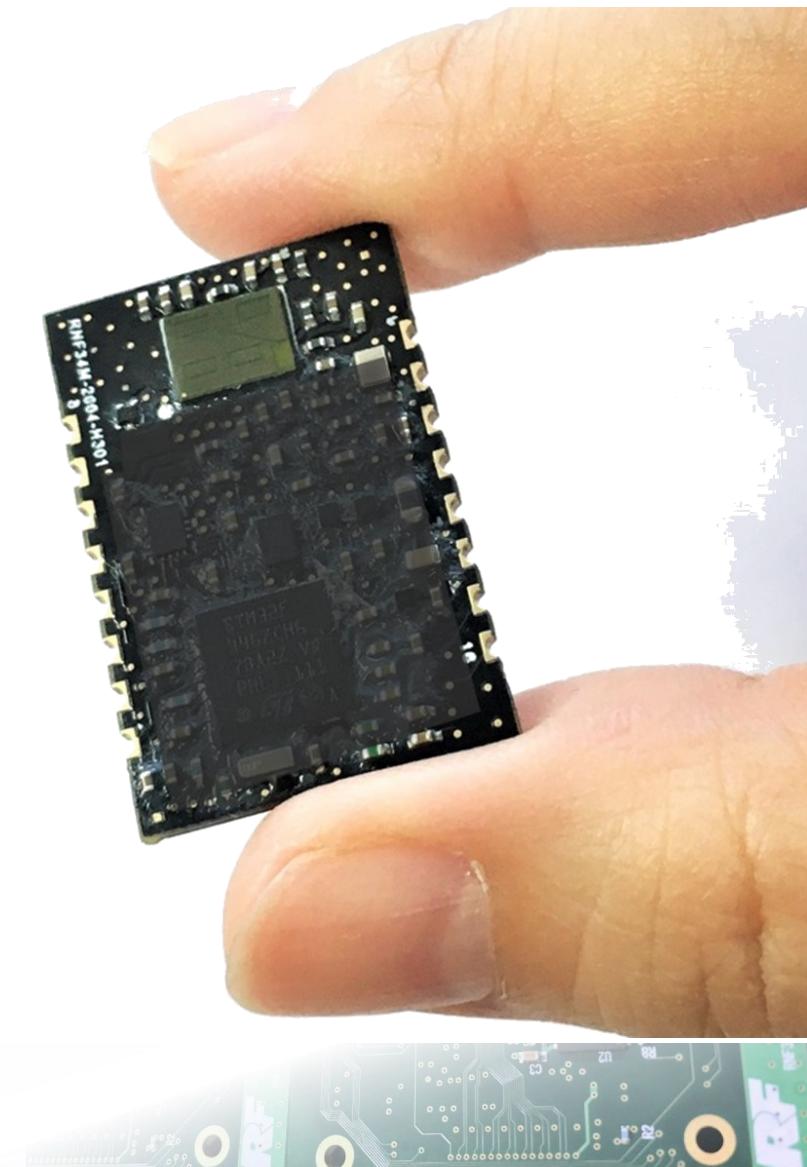
送信1ch, 受信3ch により3次元の検知が可能

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

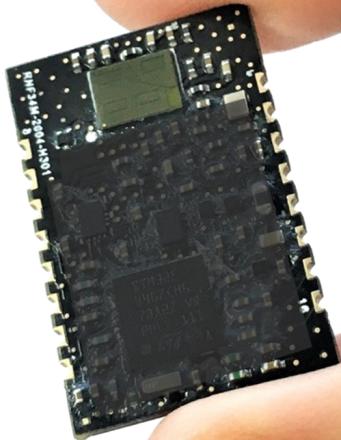
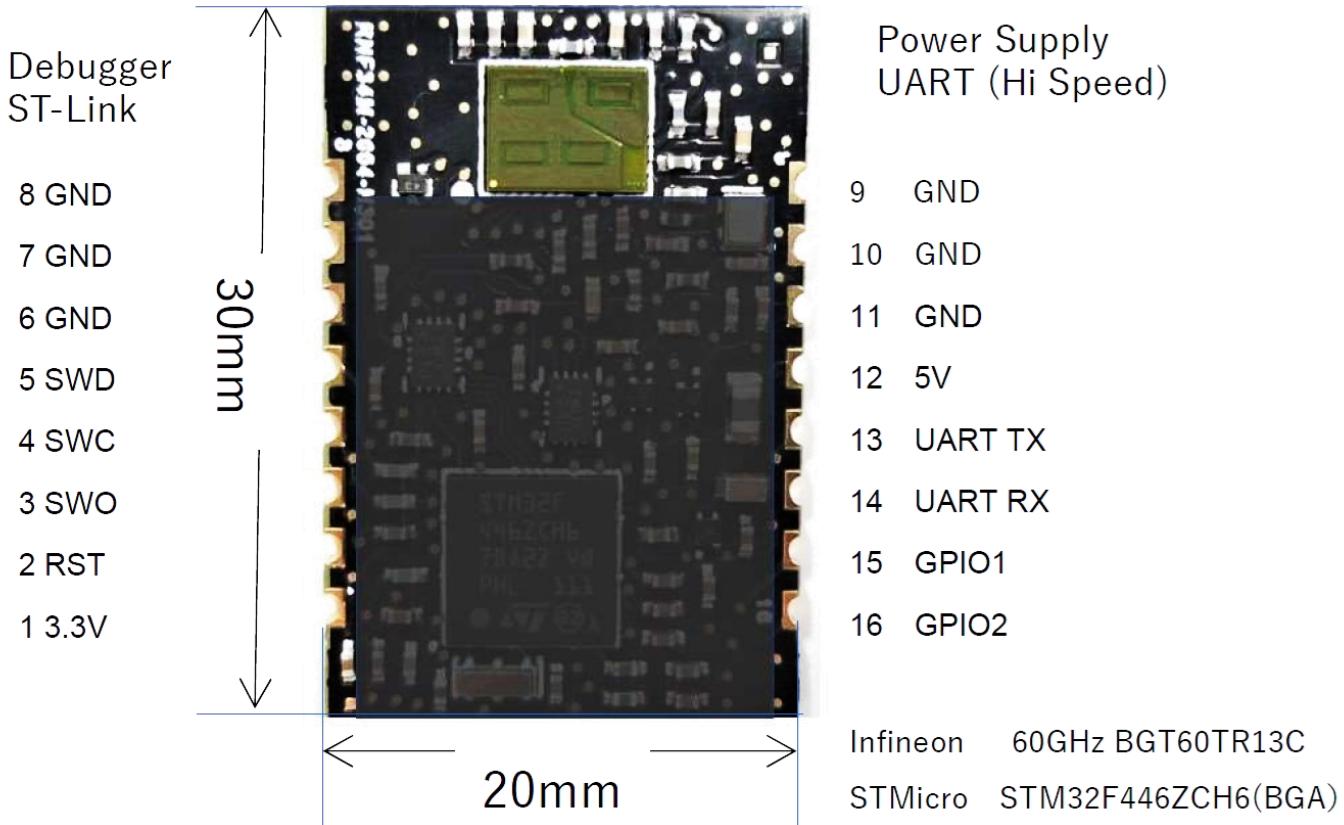
項目	WIZ-1-R3
送信周波数	58 ~ 63.5 GHz
送信出力(e.i.r.p)	13 dBm max
放射角(-6dB BW)	E plane 120 deg, H plane 140 deg
検知角度範囲(ambi)	V, H : 180 deg
外形寸法	30 x 20 mm
インターフェース	UART

R3



60GHz 移動体検知センサー WIZ-1

R3



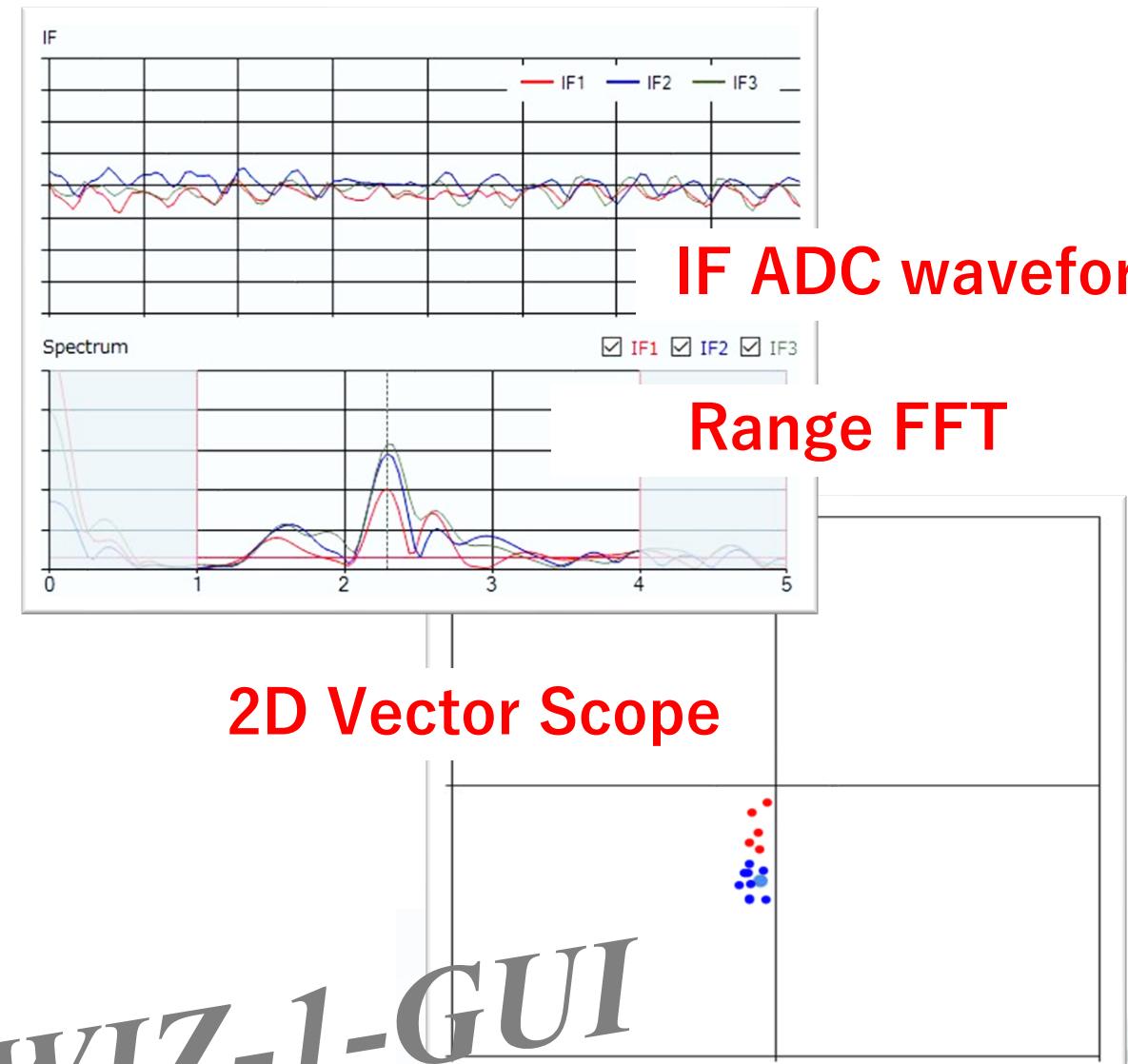


評価キットのご提案

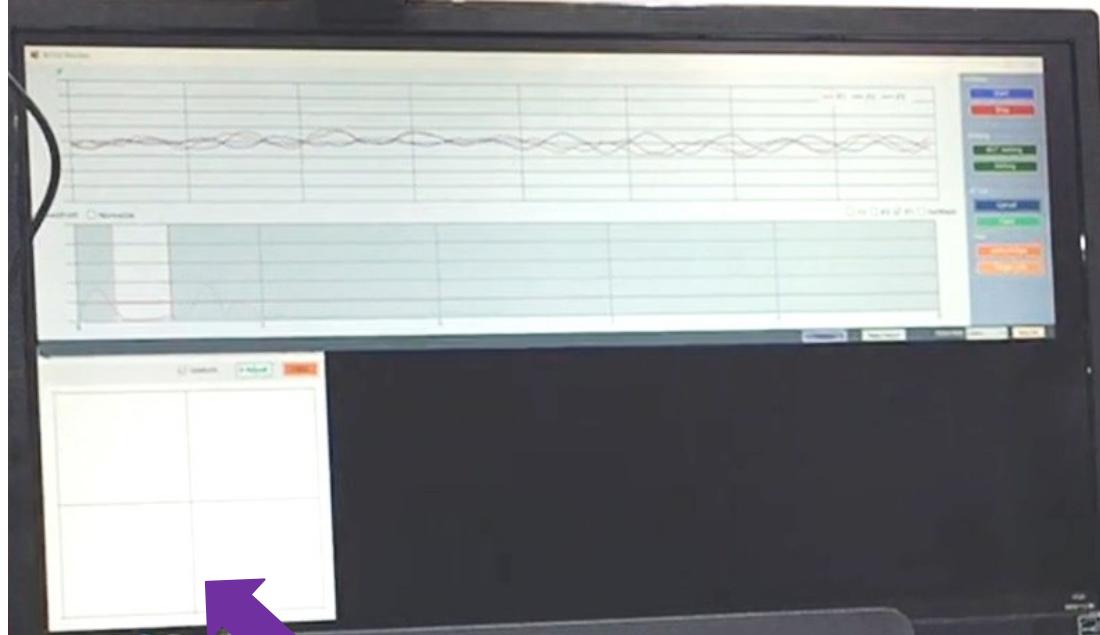
Windows対応 GUIソフト付属

- 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

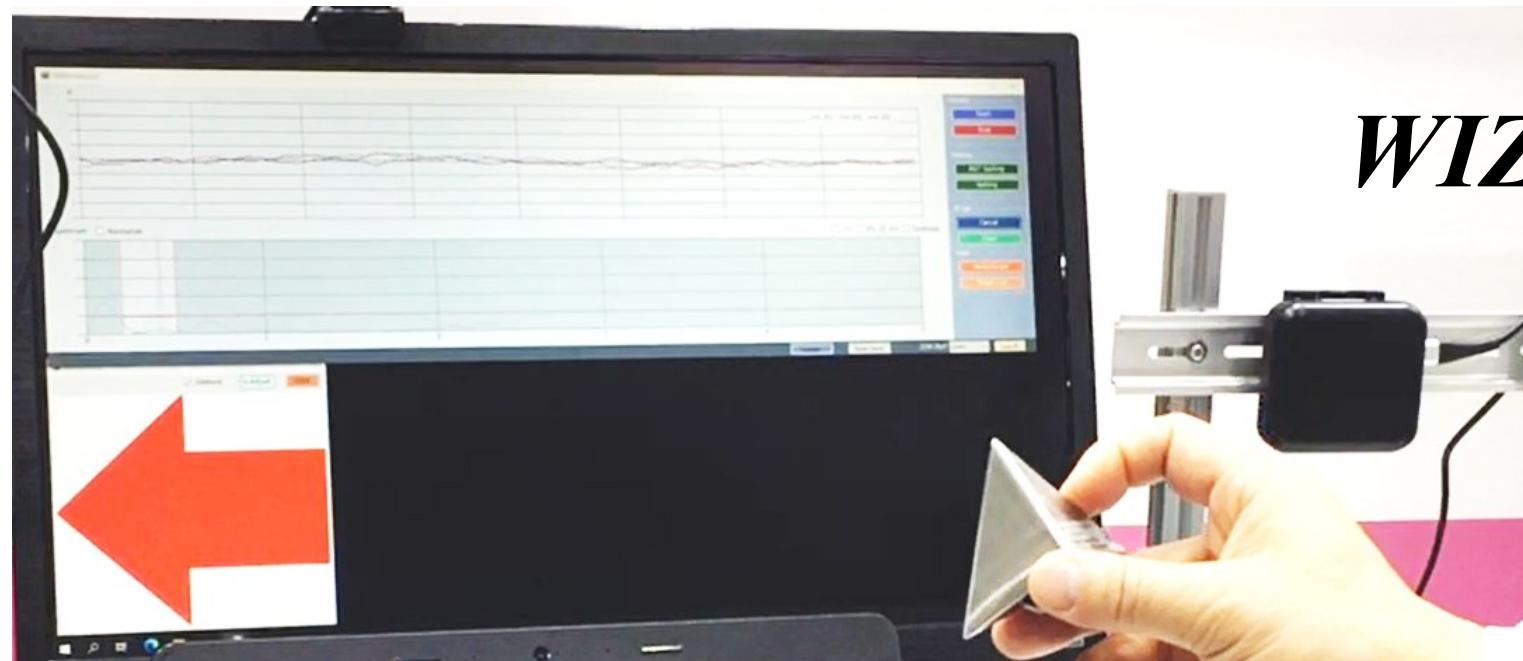
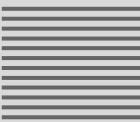


Windows GUI
判定表示箇所



WIZ-1-EVM

いわゆるスワイプ動作
(左右に物標が横切る)
の実演

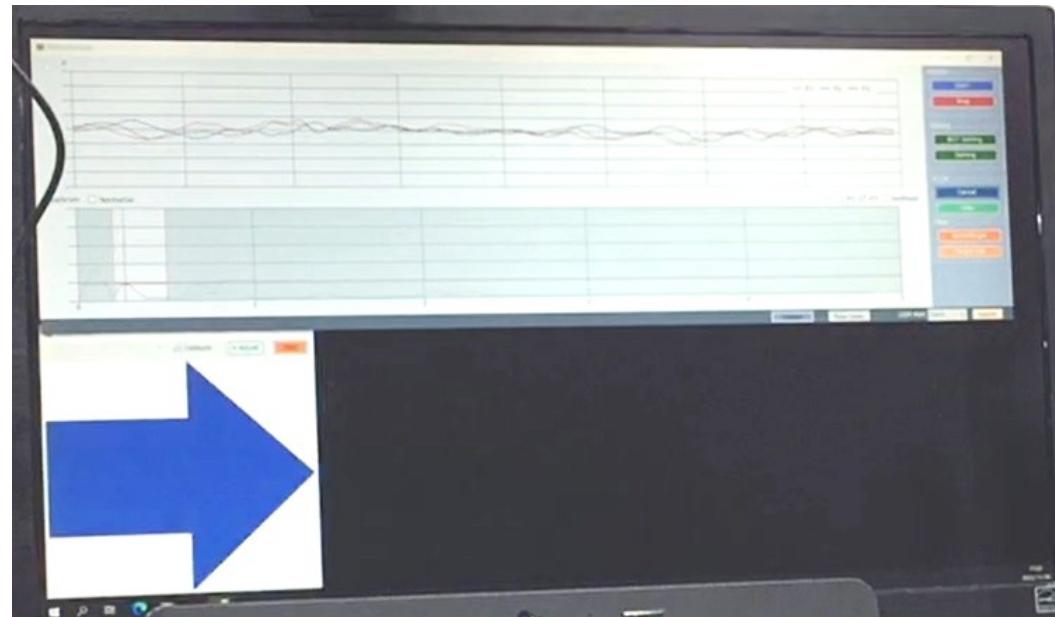


WIZ-1-EVM

Windows GUI
判定表示箇所



左スワイプ



WIZ-1-EVM

Windows GUI
判定表示箇所



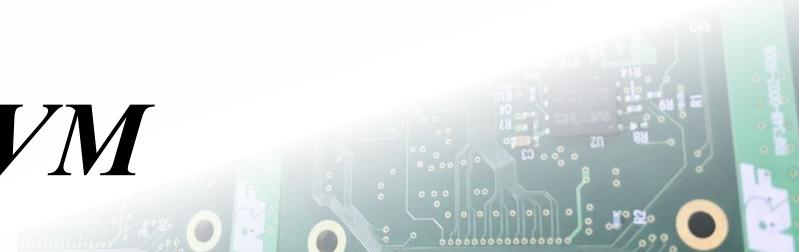
右スワイプ



ジェスチャーセンシング・デモ



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。

