



Define & Design support

Microwave Workshops & Exhibition
MWE 2025
Nov.26-28, 2025, Pacifico Yokohama, JAPAN

レーダーの基本原理と最前線 たかが24GHz されど24GHz

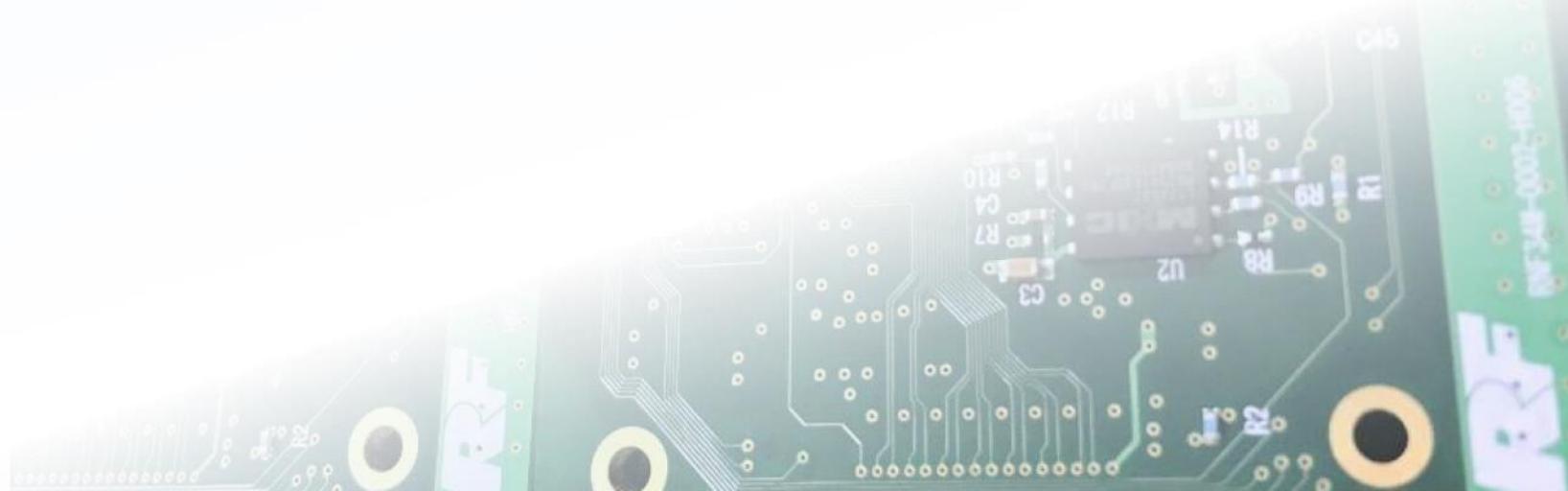


*Fundamentals and the Frontline of Radar Technology
24GHz, The Legacy Band with an Infinite Future*

ピティーエム株式会社



- ・ アプリケーション事例
- ・ レーダーとその他の技術との比較
- ・ 各周波数帯での技術要件の比較
- ・ レーダー方程式と受信レベル
- ・ ドップラーファンクション (周波数シフトと速度の関係式)
- ・ SMR-333
- ・ ゴルフのスイングと打球の速度
- ・ Doppler Detect SMR-333
- ・ ESP32 Det Out with SMR-333
- ・ IMD-2002
- ・ ITR-3810 & ITR-3811
- ・ アプリケーションノート
- ・ 会社案内





アプリケーション事例

交通監視（信号制御 高速道路や交差点など）



実速度計（TSOG、交通取締、速度超過注意喚起など）



測距（河川の水位、液面計などのレベル測定）



スポーツ分野への応用展開（ゴルフ、野球、サッカーなど）



非接触スマートスイッチ、ジェスチャーセンサ



スマートホーム、スマートビルディングコントロール



エアコン・ライティング向け

人感センサー、進入者・侵入者の検知

在室・空室の判定



介護・福祉用途向け遠隔見守り



レーダーとその他の技術との比較

技術	利点	欠点
赤外線センサ	直交および接線方向の運動を良好に検出	半径方向の運動には反応が弱い
	広い水平・垂直検出角度	雨、風、粉塵、急激な温度変化等の環境変化に敏感
	簡易製品では低価格	レドームが高価・設置が目立つ 速度、方向、距離の情報が取得できない
超音波センサ	非常に安価	検出範囲が極めて近距離に限定される (<1 m)
	三角測量可能	雨、風、粉塵、急激な温度変化等の環境変化に敏感
	近距離での距離測定が精密	センサが常に露出 速度・方向情報の取得不可
レーダーセンサ	半径方向運動の検出に優れる	直交運動の検出に不得手
	環境変化に比較的強い	直交方向や接線方向の運動は、検出が困難または不可能である
	非金属材料を透過	赤外線や超音波より高価
	レドームが安価・設計自由度高い	「電磁波」というワードに対する一般ユーザの先入観
	アンテナパターン設計の自由度が非常に高い	
	移動方向の識別	
	距離の測定及び／又はおよその距離分類	

各周波数帯での技術要件の比較

	24GHz 移動体検知 ARIB STD-T73	60GHz 移動体検知 ARIB STD-T73	60GHz, 76GHz ミリ波レーダー ARIB STD-T48	79GHz 高分解能ミリ波レーダー ARIB STD-T111
送信電力制限	Pt < 13dBm Ga < 24dBi ※ e.i.r.p < 37 dBi	Pt < 10 dBm AND e.i.r.p. < 13dBm	Pt < 10dBm Ga < 40dBi ※ e.i.r.p < 50 dBi	Pt < 10dBm Ga < 35 dBi ※ e.i.r.p < 45 dBi
許容帯域幅	200MHz	7GHz	500MHz @60GHz 1GHz @76GHz	4GHz
国際市場の可能性	ほぼ世界中で使用可能 用途制限も無し	日本、EU、北米 にて認可	EUでは76GHz帯は車載限 定	日本以外は車載限定
対過酷環境 対天候 対温度変化	非常に有利	有利	非常に有利	非常に有利
開発コスト・期間	モジュールの採用により低予 算かつ短期間で開発可能。 既設計システムも豊富	アンテナ一体型IC (AOP・AiP) の採用によ り比較的短期間で開発が可 能	ミリ波高周波部の開発、回 線設計、RFICのsoft ウェア開発などが必要	ミリ波高周波部の開発、回 線設計、RFICのsoft ウェア開発などが必要
量産コスト	モジュールの採用により低価 格での量産が可能	アンテナ一体型IC (AOP・AiP) の採用によ り比較的低価格での量産が 可能	加工基板コスト、出荷検査 の計測設備類の投資が必要	加工基板コスト、出荷検査 の計測設備類の投資が必要

物体で反射された後の受信信号強度を解析した数学的な表現として公式化されている。
これは一般に「レーダー方程式」と呼ばれる。

Equation (1)

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_t \cdot g_r \cdot \sigma^2}{R^4}$$

Pr : 受信信号電力

Pt : 送信電力

Gt : 送信アンテナ利得

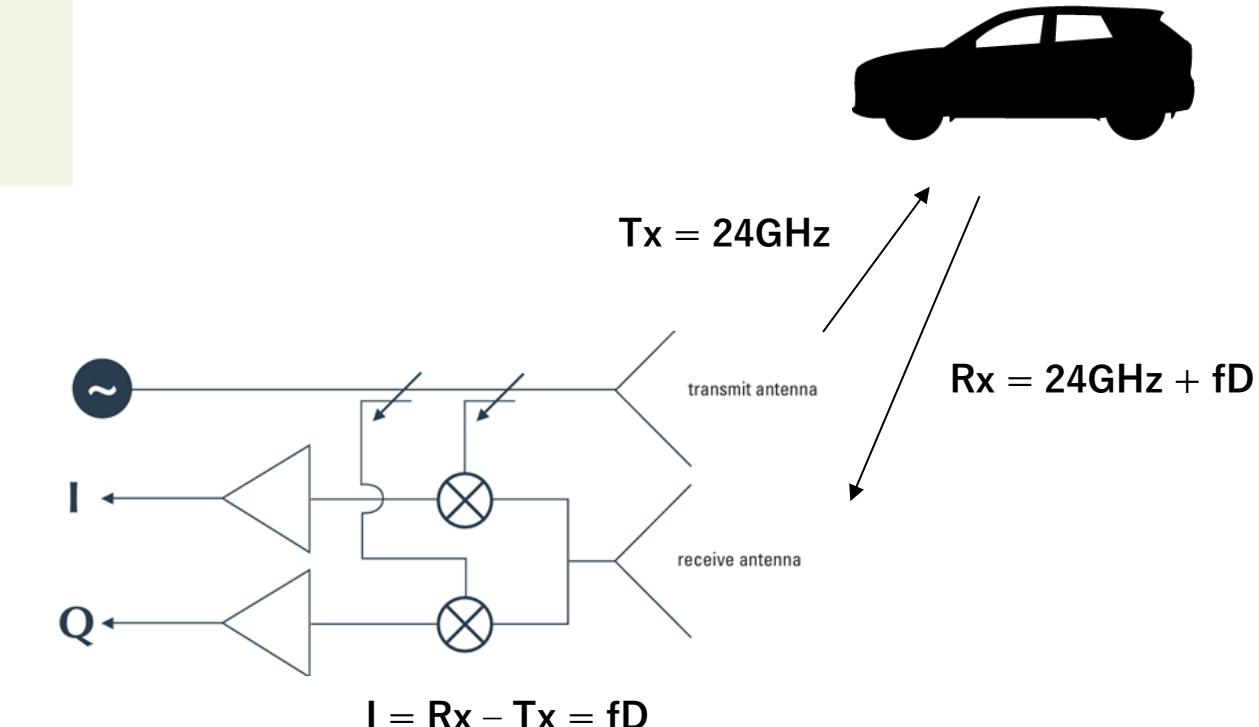
Gr : 受信アンテナ利得

σ : 物体のレーダー断面積 (Radar Cross Section)

R : レーダーセンサと物体の距離

レーダー方程式を変形する事で受信レベルを
求める事が出来る。
これはSN比におけるSに当たる。

$$Pr = \frac{Pt \cdot Gt \cdot Gr \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{(4\pi)^3 \cdot R^4}$$



$$\lambda [m] = \frac{300 [\text{Mm/s}]}{f [\text{MHz}]}$$



音波、マイクロ波、光などの波源から発せられた波面が、移動中のターゲット（物体）に到達すると、その物体の移動方向に応じて波面が「圧縮」されたり「引き延ばされたり」する現象が起こる。この現象は、最終的に周波数の変化、すなわち周波数シフトとなって現れる。

この現象は次のような公式で表されます：

公式2 ドップラーファンクション

$$\text{Equation (2)} \quad f_{Dopp} = 2f_0 \cdot \frac{v}{c_0} \cdot \cos \alpha$$

f_D : ドップラーファンクション (差動周波数)

f_0 : レーダー送信周波数

v : 移動物体の速度大きさ

c_0 : 光速

α : 移動方向とセンサ-物体接続線のなす角度

公式3 送信周波数を24 GHzとした場合のドップラーファンクションと速度の関係式

$$\text{Equation (3)} \quad f_{Dopp} = 44 \frac{\text{Hz}}{\text{km/h}} \cdot v \cdot \cos \alpha$$

PRODUCT FAMILY

SMT mountable K-Band Movement Sensor

- Movement
- Velocity
- Direction
- Presence
- Distance
- Angle

APPLICATIONS

- Industrial Applications
- Security Applications

Supports automated mounting process

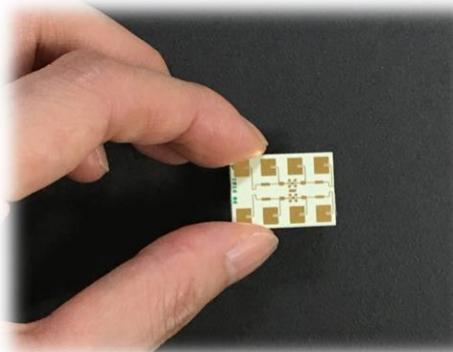
- Available on Tape&Reel
- Supports SMD process

Extra small outline dimensions

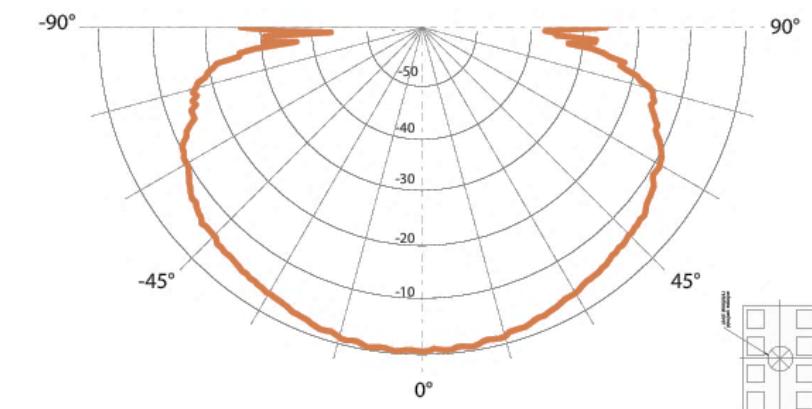
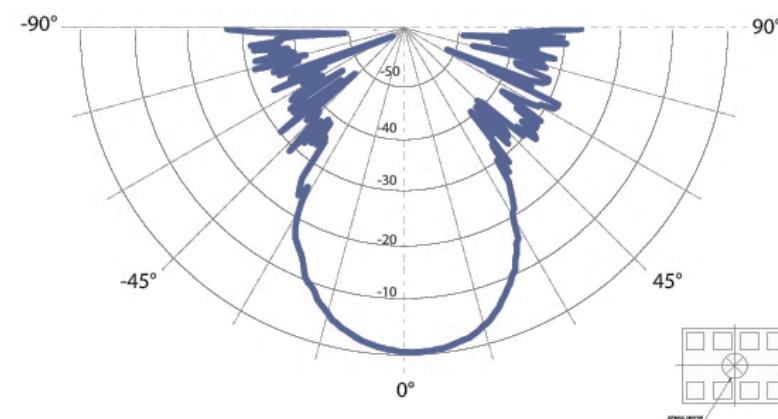
- 22 x 15 x 3.1 mm

Power supply 3.3V

- Low power consumption
- Supports duty-cycle operation



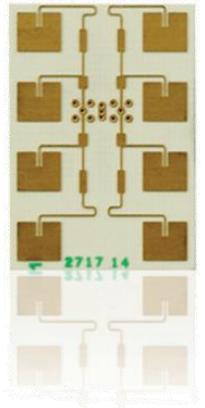
System Pattern SMR-333:



system pattern (-10dB)	azimuth	system_az	43	°
	elevation	system_el	116	°



PARAMETERS	CONDITION	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNIT
Radar						
transmit frequency	frequency band for US ,EU ,JP	f	24.050	24.150	24.250	GHz
output power (EIRP)		P _{out}			12.7	dBm
IF-Bandwidth (-3dB)		B	0		1M	Hz
signal level	RCS = 0.5m ² @ 5m	IF1/2	120		360	µVrms
noise level	100Hz...1kHz	N1/2			20	µVrms
phase imbalance		ε _p	-25		25	°
overall gain	conversion gain + antenna gain	GOA		29		dB
Power Supply						
supply voltage		V _{cc}	3.2	3.3	3.4	V
supply current		I _{cc}		47	57	mA
Environment						
operating temperature		T _{OP}	-40		+85	° C
storage temperature		T _{STG}	-40		+85	° C
Mechanical Outlines						
outline dimensions	compare to schematic on page 5	Height Length width	3.1 21.4 15.0		mm	





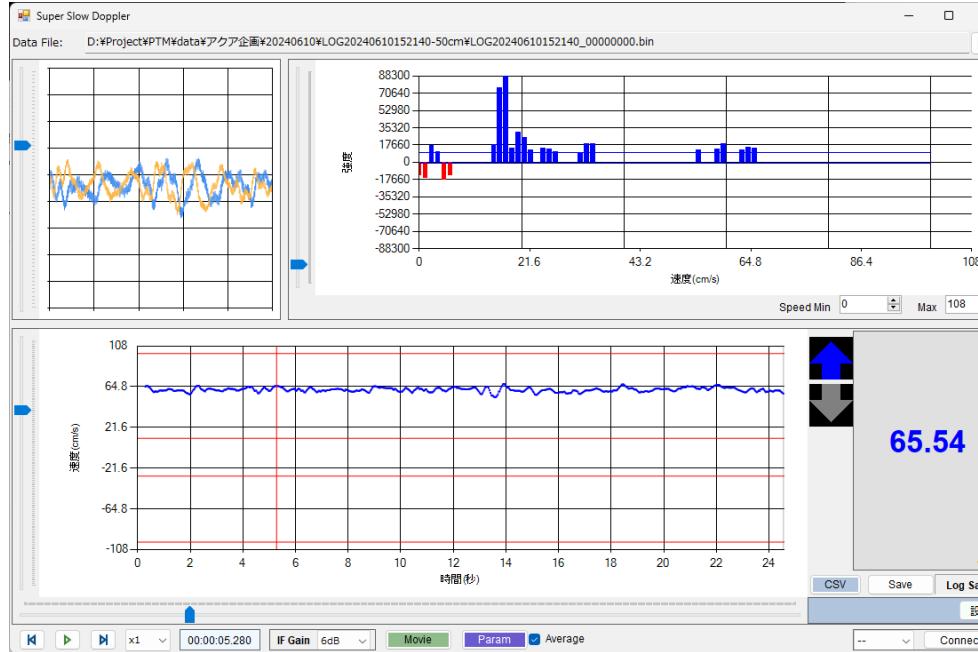
SMR-333 ゴルフのスイングと打球の速度



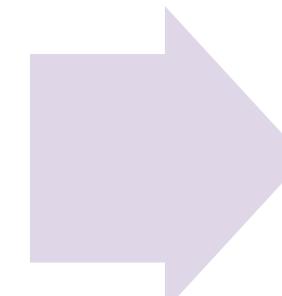
Doppler Detect SMR-333

PTM Corp.

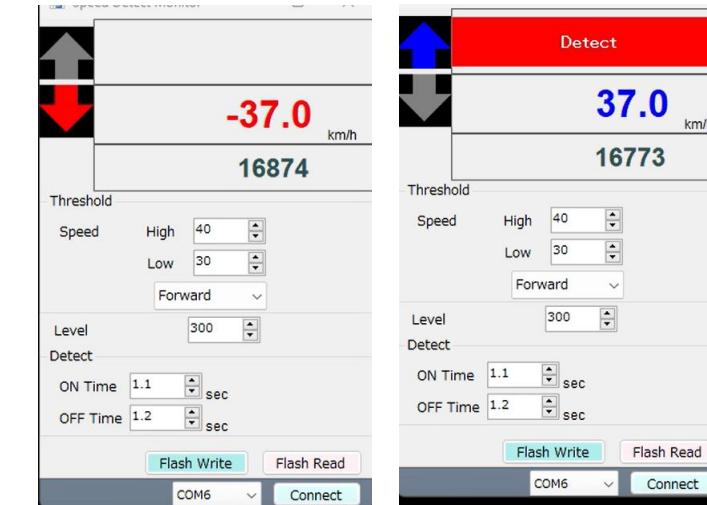
LogView GUI



Logview GUIにて波形を確認しながらパラメータの最適化を行う。
信号処理が決定したら基板に実装されたMPUヘソフトウェア（C言語）を移植。
内部処理にて判定を行いPCレス動作が可能となる。



Detect GUI



内部処理にて判定を行いPCレス動作が可能となる。

UART出力データ：
速度、レベル、移動方向、検知/非検知

GPIO出力データ
検知/非検知 (Hi/Lo)



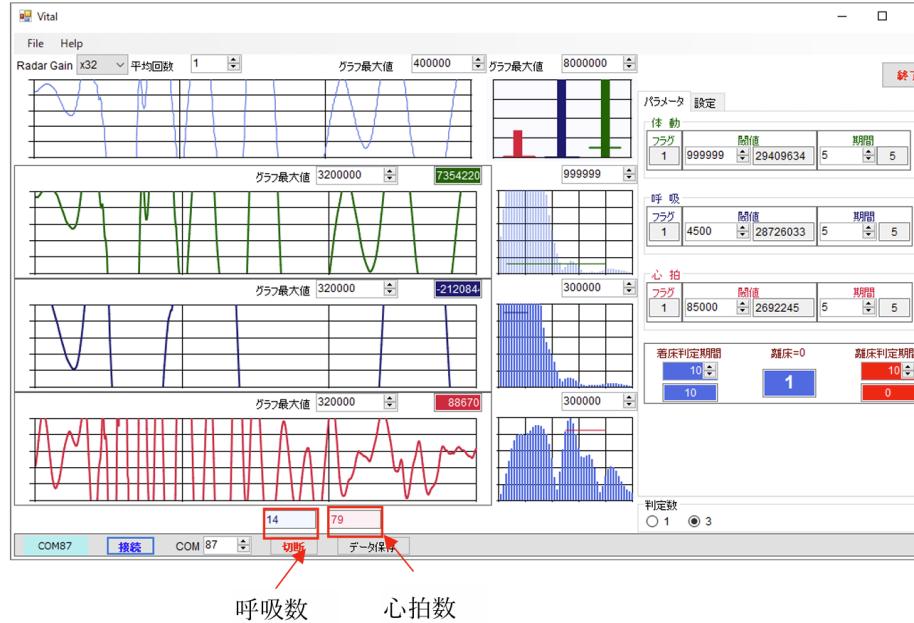
Top View



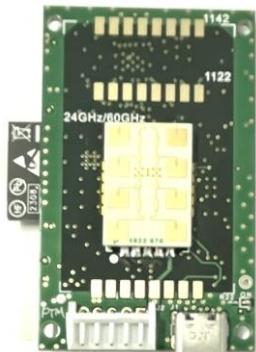
Back Side

ESP32 Det Out with SMR-333

Vital GUI / 3 band Display



呼吸数
心拍数

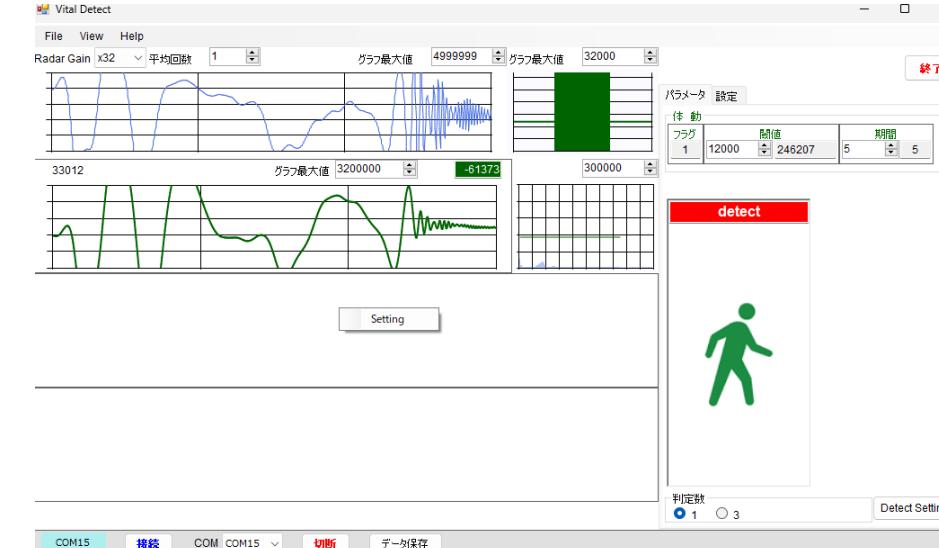


Top View



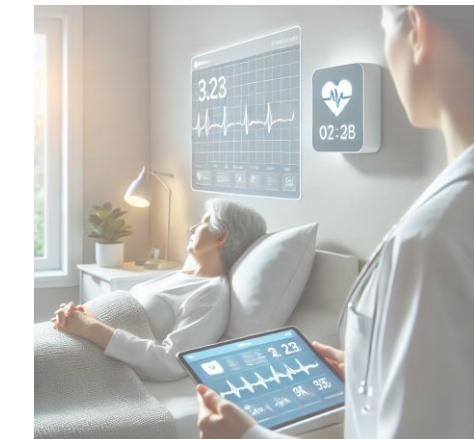
Back Side

Motion Detect GUI/ 1 band Display



パラメータ決定御、内部処理にて判定を行
いPCレス動作が可能となる。

ESP32 インタフェース
USB
GPIO ポート (Hi/Lo)
WiFi, BLE による無線通信





PRODUCT FAMILY

InnoSenT Motion Detector
with Angle Measurement Capability

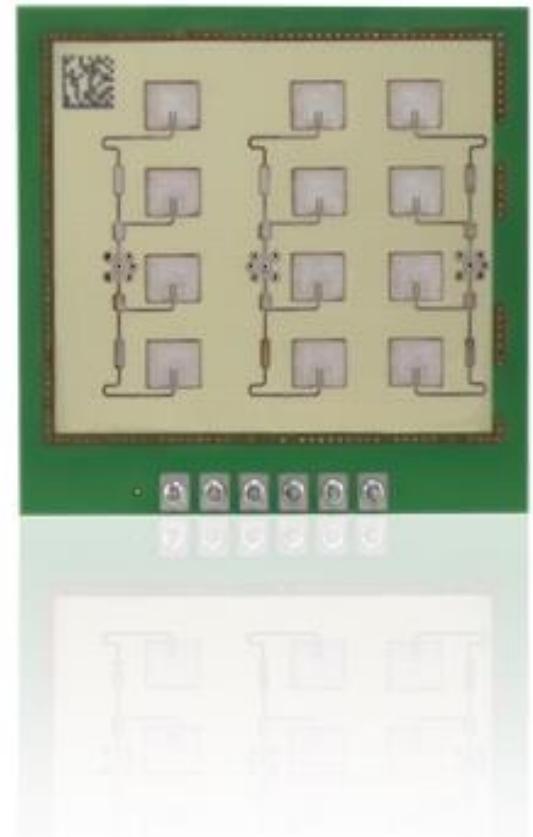
- Movement
- Velocity
- Direction
- Presence
- Distance
- Angle

APPLICATIONS

Industrial Applications
Security Applications

FEATURES:

- FSK-radar working in the 24 GHz ISM band
- Worldwide certification possible
- Incorporates digital signal processing to output a filtered target list via UART
- Detection of direction, range, velocity and angle of moving objects
- Velocity range from -23 km/h to +23 km/h
- Outline dimensions 33 x 33 x 13 mm



Radar

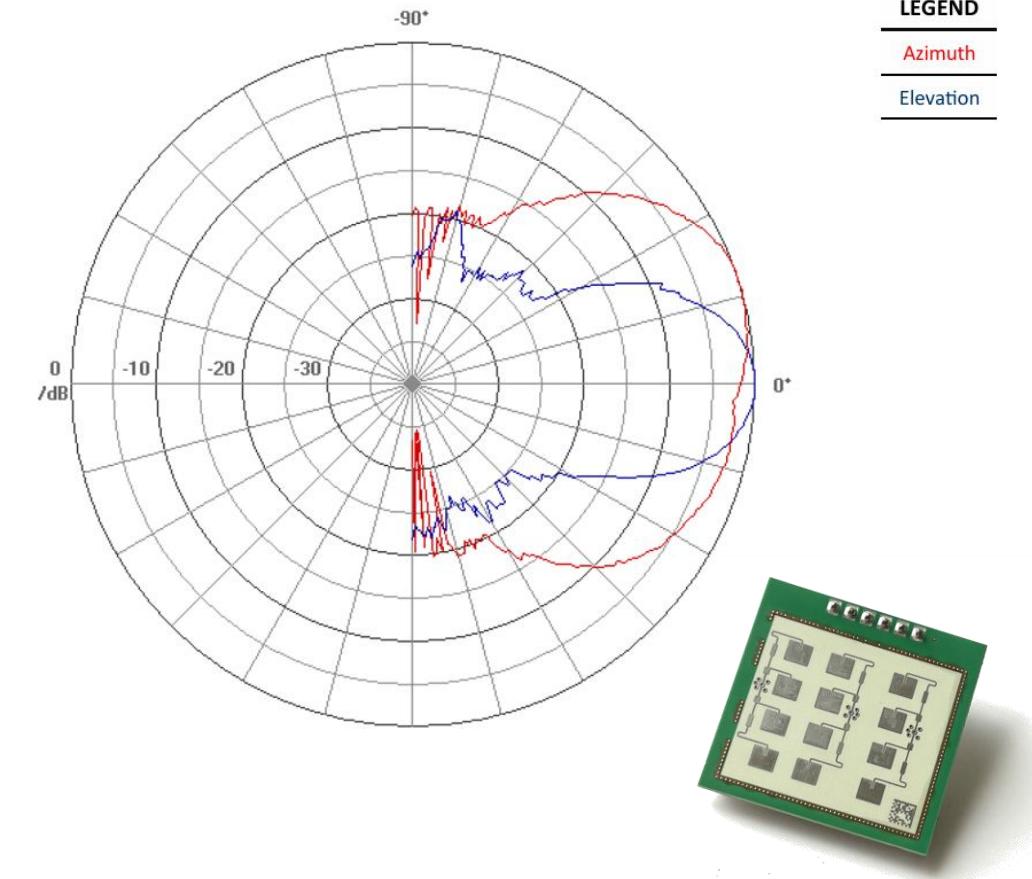
Transmit Frequency	24.05 .. 24.25	GHz
Output Power (EIRP)	12.7	dBm
Available Frequency Channels	4 (8 ⁸)	

Standard Detection Range	0.5 .. 50 1.6 .. 164	m ft
Typ. Detection Range: Pedestrian ²	20.5 67.3	m ft

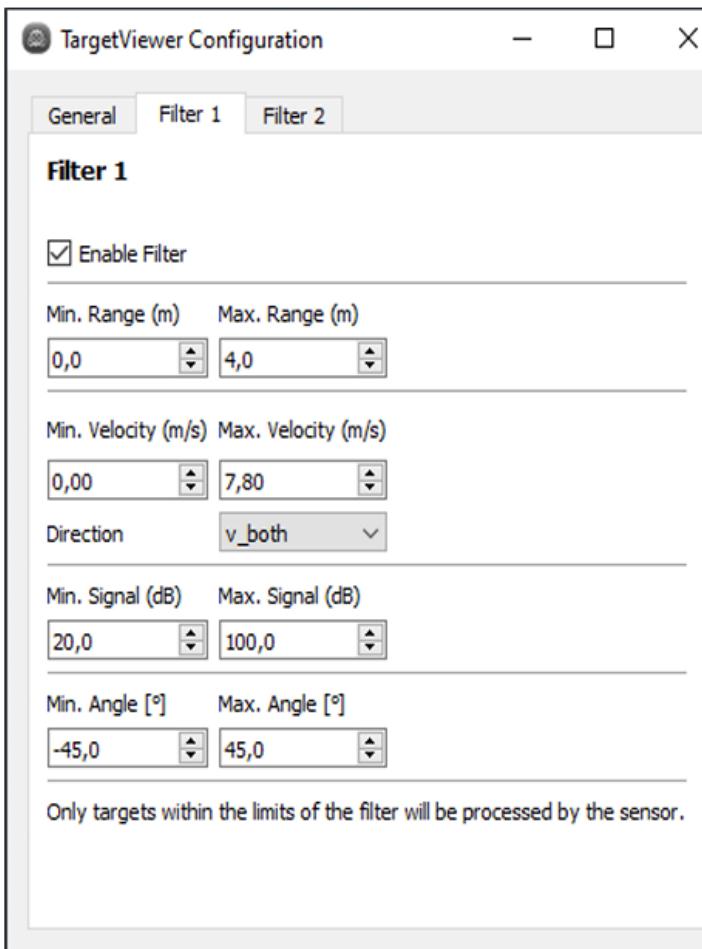
Speed		
Min. Radial Speed	0.18 0.11	km/h mph
Speed Range	-23.04 .. +23.04 -14.32 .. +14.32	km/h mph

Signal Processing		
Update Rate ⁴	125	ms
Maximum Amount of Targets	15	

Angle measurement		
Field of View: Azimuth ³	90	°
Field of View: Elevation ³	42	°
Angular Accuracy	±5	°

**Power Supply**

Operating Voltage ⁵	3.25 .. 3.35	V
Supply Current	78	mA
Power Consumption ⁶	0.26	W



Enable Filter: If checkbox is set, this filter is enabled.

Range Filter: With the range filter you can create "alarm zones" where the detection is active. Only targets in-between min and max range thresholds pass this filter.

Velocity Filter: Targets in-between min and max velocity thresholds pass this filter. The velocity filter can be set to 0 up to 7,78 m/s.

Direction: The direction selector lets you determine how the velocity filter should be applied:

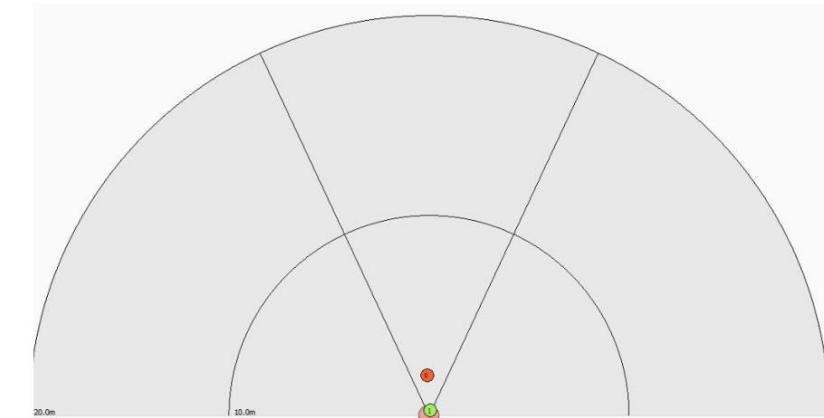
- v_pos: Positive values pass the filter (receding).
- v_neg: Negative values pass the filter (approaching).
- v_both (default): Negative and positive values pass.

Example: If you set the velocity filter min to 2m/s and max to 5m/s. The negative (-2m/s to -5m/s) and positive (2m/s to 5m/s) values pass the filter.

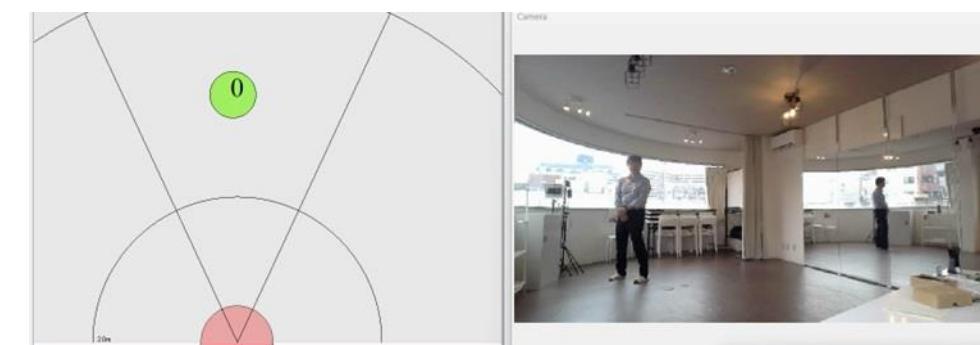
Signal Filter: Values in-between min and max signal strength pass the filter.

Note: This filter depends on RCS of targets. Signal strength is not corrected by distance

Angle Filter: Values in-between min and max angle pass the filter.



Target Number	Range (m)	Velocity (m/s)	Signal (dB)	Estimated Time of Arrival (s)	Incident Angle (deg)
0	2,00144	0,150237	75,3303	13,3219	2
1	0,250572	-0,150237	73,0194	-1,66784	-20

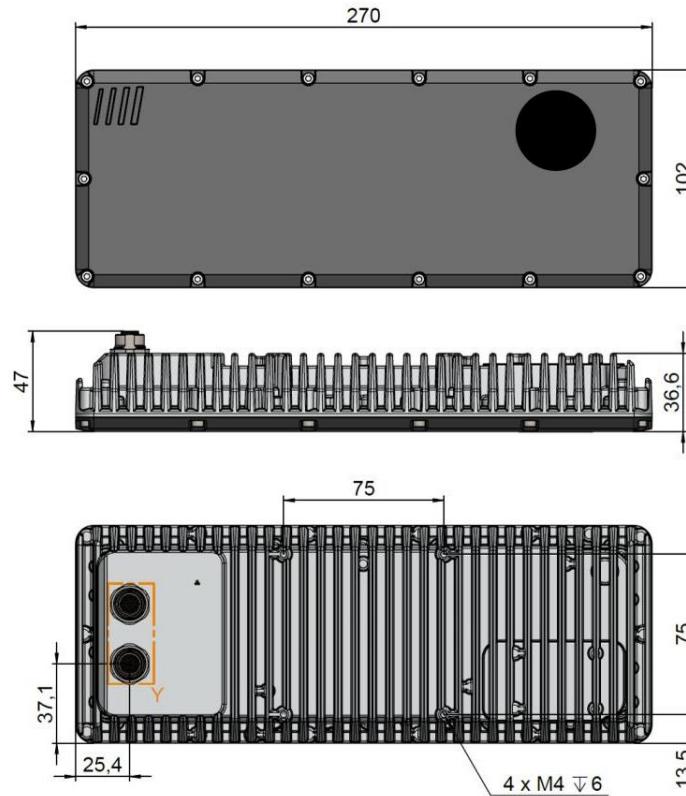


PRODUCT FAMILY

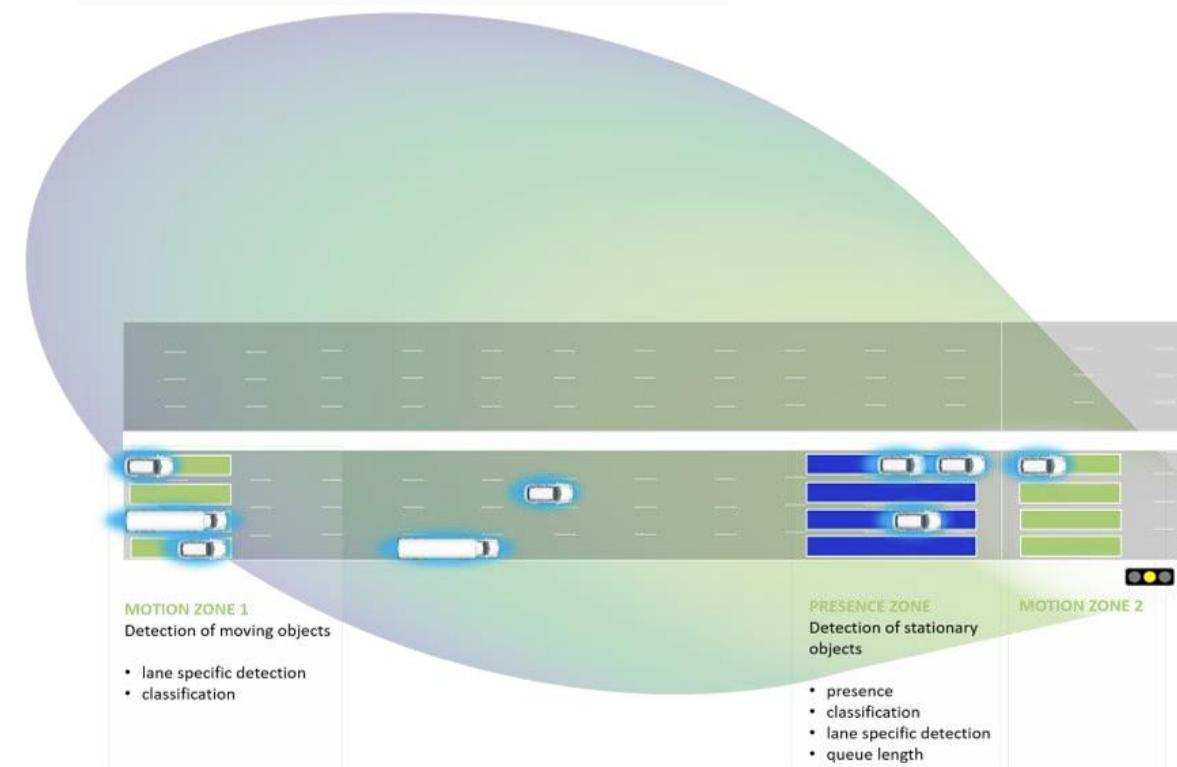
InnoSenT Traffic Radar

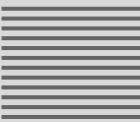
APPLICATIONS

- Intersection Management
- Traffic Monitoring
- Arterial Management



- Movement
- Velocity
- Direction
- Presence
- Distance
- Angle
- Optics



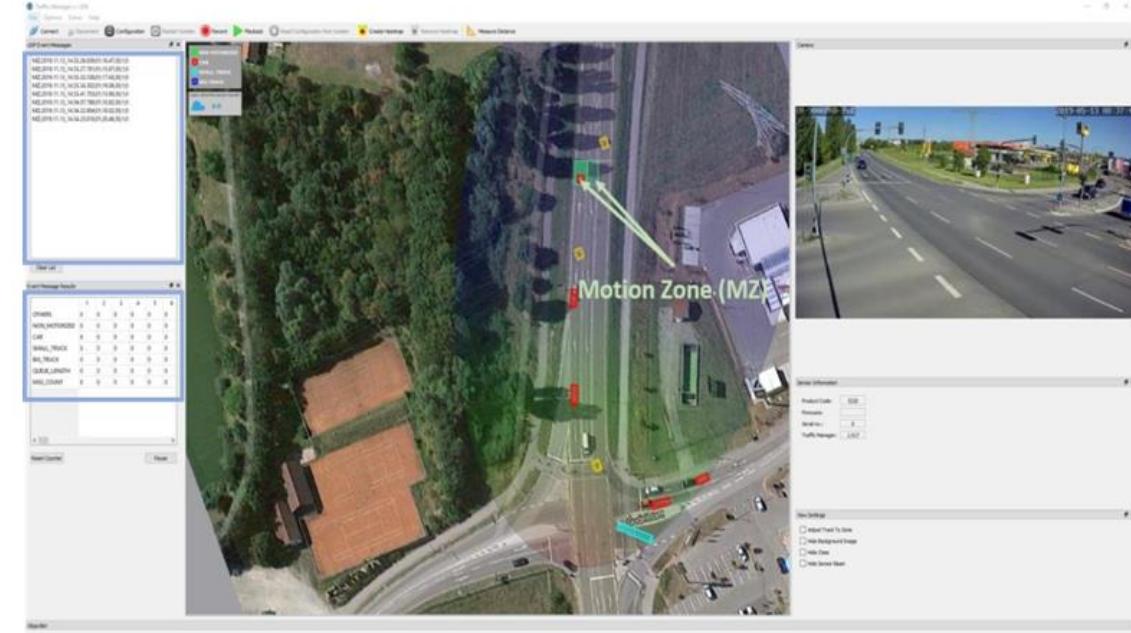
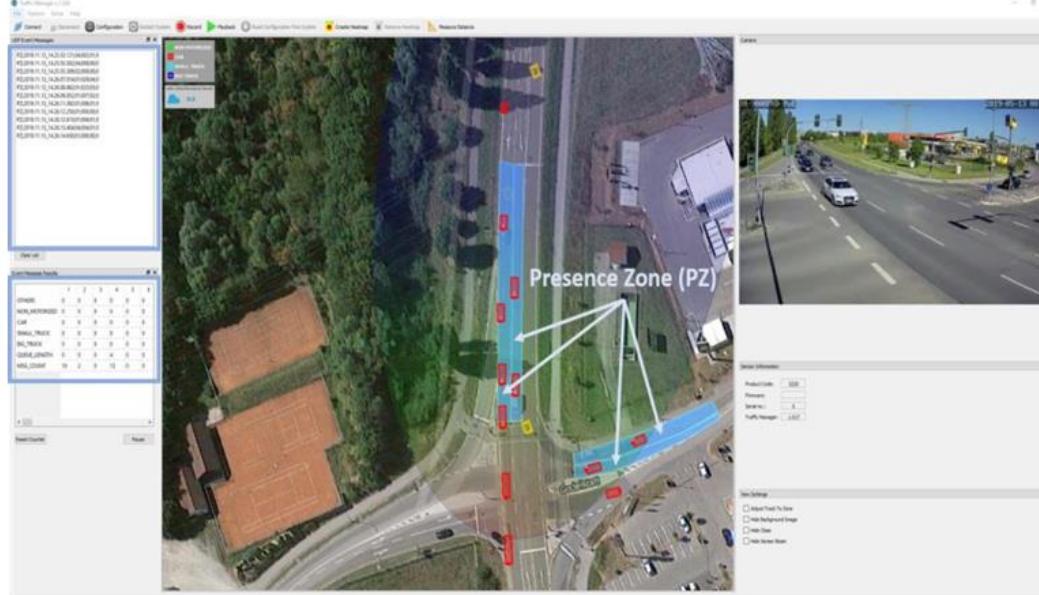


ITR-3810 & ITR-3811

ITR-3810 と ITR-3811の比較

項目	ITR-3810	ITR-3811
想定用途	交差点・幹線の交通管理（多機能な交差点検知・キュー長推定・逆走/インシデント検知など）	速度取締（スピードエンフォースメント）を主眼に、高速・幹線・区間監視、交差点にも対応
最大検出距離	最大約 300 m	最大約 276 m
視野角 (FoV)	約 110° × 30°	約 110° × 30°
方位分解能 (水平)	約 4°	約 0.5° (より細かい角度分解)
同時レーン対応	最大16レーンで車両追跡（同時128オブジェクト）	一方向 最大8レーン
速度計測/規格	—	OIML R91 準拠、最大 ~230 km/h の速度監視向け
静止物体検出	あり（停止線検出などに活用）	あり
I/F・出力	ターゲットリストとイベントを Ethernet / RS-485 出力 (GUIでゾーン設定)	ターゲットリストとイベントを Ethernet / RS-485 出力 (GUIでゾーン設定)
周波数/方式	24 GHz ISM / FMCW、4D MIMO	24 GHz ISM / FMCW、4D MIMO





INSTALLATION PARAMETER	MINIMUM	TYPICAL ¹	MAXIMUM	UNIT
Traffic Direction		approaching		
Height	4 13	6 19	8 26	m ft
Elevation Angle	-10	-7	0	°
Angle to Lane	-60	6	60	°
Queue Length	20 65		80 262	m ft

交差点の対象ゾーン内における待ち行列長（キュー長）および静止物体数を測定する。
信号制御（例：動的な青信号時間の調整や交通流の最適化）に利用される。

「プレゼンスゾーン（Presence Zones）」機能を使用して実現される。

送信されたメッセージ： UDP Event Messages ウィンドウ（左上）
対応するキュー長： Event Message Results ウィンドウ（左中央）

INSTALLATION PARAMETER	MINIMUM	TYPICAL ¹	MAXIMUM	UNIT
Traffic Direction		approaching		
Height	4 13	6 19	8 26	m ft
Elevation Angle	-10	-7	0	°
Angle to Lane	-60	6	60	°
Traffic Counting	30 98		200 656	m ft

定義されたゾーンに進入する移動物体をカウントし、車種の識別が可能。
交通流の監視や幹線道路における平均速度の計測など、交通統計に利用される。

「モーションゾーン（Motion Zones）」機能を使用して実現される。
設定によりモーションゾーンがトリガーされるたびに UDP イベントメッセージを送信する。

送信されたメッセージ： UDP Event Messages ウィンドウ（左上）
対応するトリガーカウント： Event Message Results ウィンドウ（左中央）

PTM

取り扱い製品 | 取り扱いメーカー | 技術情報 | 新着情報 | 会社概要 | お問い合わせ | ENGLISH | BLOG

Define & Design support

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 ピーティーエム株式会社

PTMは、最高水準のデバイスを世界各国から選正な価格で輸入販売することを目的に2001年に設立。

デジタルサポートのトミならず、お客様の開発プロジェクトに対する適切な技術、設計支援、アッセンブリ、システムの開発委託から量産製造にいたるま

様々なクオリティの一高いサービスをご提供させていただっております。

News & Information

StratEdge IMAPS Founders Award を受賞 □

StratEdge社 Tim Going CEO が IMAPS Founders Award を受賞しました。
マイクロエレクトロニクス/パッケージ業界への卓越した貢献を評価一
→続きを読む

マイクロウェーブ展(MWE2025) □

マイクロウェーブ展2025に出展いたします。
2025年1月26日(水) - 28日(金) / パシフィコ横浜 Booth No. F-04
出展企業セミナー
11月23日(金) 12:15-13:00 展示ホールA会場
レーダーの基礎と最前線 ~たかが24GHz、されど24GHz~

丸文株式会社様 □

丸文株式会社様にマイクロエレクトロニクス業界にて弊社のWI2-I-R3をご紹介頂きました。

レーダー&技術情報 BI
Radar White Page

InnoSenT Application Note I (Introduction)

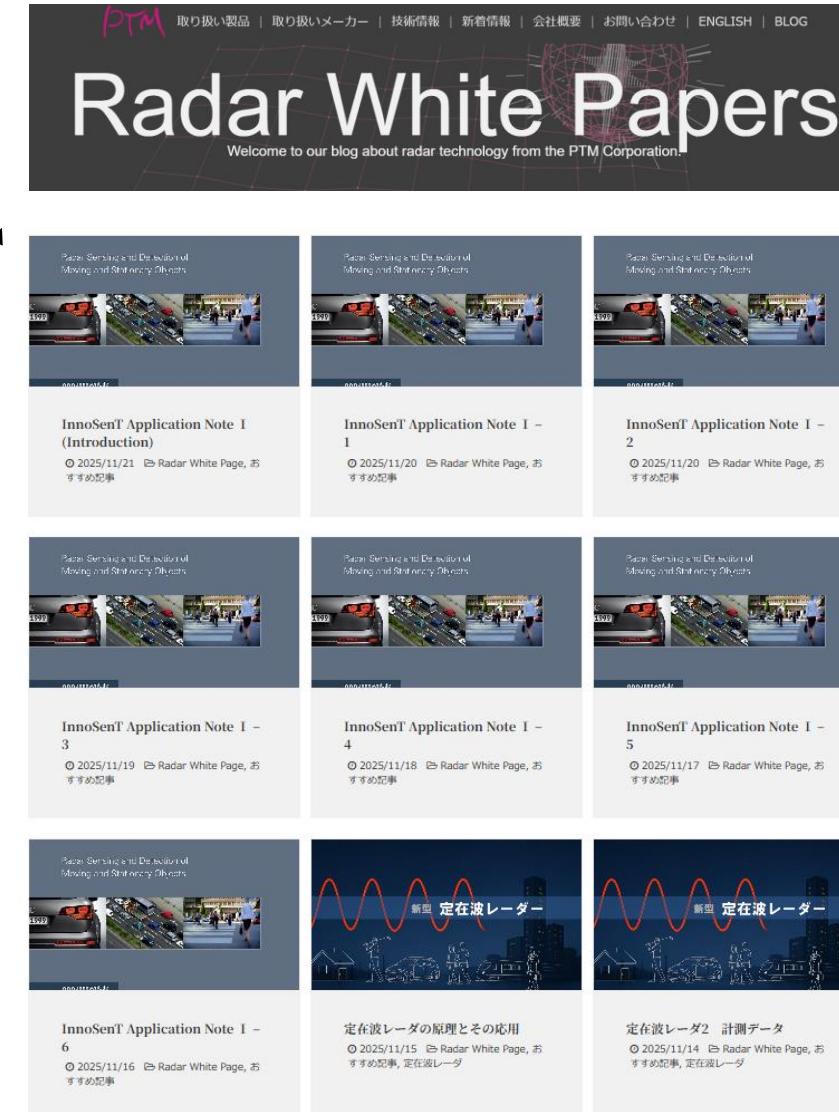
InnoSenT Application Note I - 1

InnoSenT Application Note I - 2

InnoSenT Application Note I - 3

InnoSenT Application Note I - 4

InnoSenT Application Note I - 5



PTM 取り扱い製品 | 取り扱いメーカー | 技術情報 | 新着情報 | 会社概要 | お問い合わせ | ENGLISH | BLOG

Radar White Papers

Welcome to our blog about radar technology from the PTM Corporation.

Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

innosent_1

Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

innosent_1

Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

innosent_1

InnoSenT Application Note 1 (Introduction)

© 2025/11/21 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

InnoSenT Application Note 1 – 1

© 2025/11/20 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

InnoSenT Application Note 1 – 2

© 2025/11/20 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

innosent_1

Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

innosent_1

Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

innosent_1

InnoSenT Application Note 1 – 3

© 2025/11/19 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

InnoSenT Application Note 1 – 4

© 2025/11/18 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

InnoSenT Application Note 1 – 5

© 2025/11/17 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

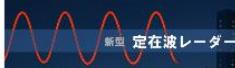
Radar Sensing and Detection of Moving and Stationary Objects



2019/11/11

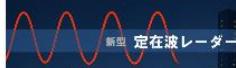
innosent_1

新型 定在波レーダー



定在波レーダー

新型 定在波レーダー



定在波レーダー

InnoSenT Application Note 1 – 6

© 2025/11/16 ➡ Radar White Page, おすすめ記事

定在波レーダーの原理とその応用

© 2025/11/15 ➡ Radar White Page, おすすめ記事, 定在波レーダー

定在波レーダー 計測データ

© 2025/11/14 ➡ Radar White Page, おすすめ記事, 定在波レーダー

レーダー&技術情報 Blog

Radar White Page

1 はじめに

2 物理的基礎 — レーダー方程式

3 レーダー方式の選択

4 民生及び産業用途向けのレーダーセンサの実装

5 レーダーモジュー

6 まとめと応用の可能性



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。



所在地： 〒226-0019 神奈川県横浜市緑区中山1-6-15 パームビュービル3階

TEL : (045) 938-6322

FAX : (045) 938-6323

URL : <https://www.ptm-co.jp/>

設立 : 平成13年6月27日

