

Microwave Workshops & Exhibition  
**MWE 2015**

Nov.25-27, 2015, Pacifico Yokohama, JAPAN

マイクロ波・ミリ波を使用したレーダー  
安心、安全、快適を演出するセンサー技術



Define & Design support

ピーティーエム株式会社 営業部

# 目次

- ◆ シーンに応じた機能の選択
- ◆ CW ドップラー（低周波仕様）～命あるかぎり～
- ◆ 離床予兆センサー（Out-Of-Bed Alarm）
- ◆ 定在波レーダーとは
  - IF信号の見方, 信号処理, パラメータ, 各パラメータの関係、時間に関わるパラメータ
  - 信号処理フロー（レーダー内部処理、GUI 表示系）
  - PTM STANDARD RADAR GUI
- ◆ PSR148 低消費 VCO機/PSR162 ローコストアプローチ
- ◆ PSR4005 シンセサイザ搭載モデル
- ◆ PSR3004 モノパルスレーダー
  - FSK+位相モノパルス機能/定在波レーダー+位相モノパルス
- ◆ 会社案内

# シーンに応じた機能の選択

## 評価キットにより実現可能な機能例

| 用 途                    | 機 能   | 機能         |
|------------------------|---|------------|
| 生活・活動の見守り              | 動体検知（モーションセンシング）により、例えば1日全く「動き」が検知されなかった場合など、システム側にそれを知らせる事が可能です。                                     | CW ドップラー   |
| 安心安全見守りセンサ             | 静止物検知により在室か空室の予測  | 定在波レーダ     |
|                        | 微小変位観測(数十 $\mu\text{m}$ オーダのセンシング)により呼吸の有無などのモニタ  | 定在波レーダ     |
|                        | 超低周波センシングにより安静時での動体検知   | CW ドップラー   |
|                        | 動体検知により生活・活動有無の予測   | CW ドップラー   |
| 非接触離床センサ               | ベッドの上での体動から「離床判定」を行う。（呼吸・心拍に由来する成分の抽出から判定）  | CW ドップラー   |
|                        | 静止物検知により離床、就寝などを判定。<br>上記同様に被験者に圧迫感や「見られている感」を感じさせることなく見守る事が出来ます。<br>接触型センサと比較して見守る側が状況を「早く知る」事が出来ます。 | 定在波レーダ     |
|                        | 明らかに一定時間空室と同じ状況であれば、節電機能へのトリガとしてご使用頂けます。  | CW ドップラー   |
| 方位探知機能                 | ターゲットの到来方向の角度の識別（車線識別やエリア監視）  | モノパルス方式    |
| 静止物検知、高精度測距、<br>微小変位計測 | 静止物検知、測距  | 定在波レーダー    |
| 動体測距、速度計測              | 動体の距離、速度  | FSK(2周波CW) |

## ◆ 従来型人感センサーの問題

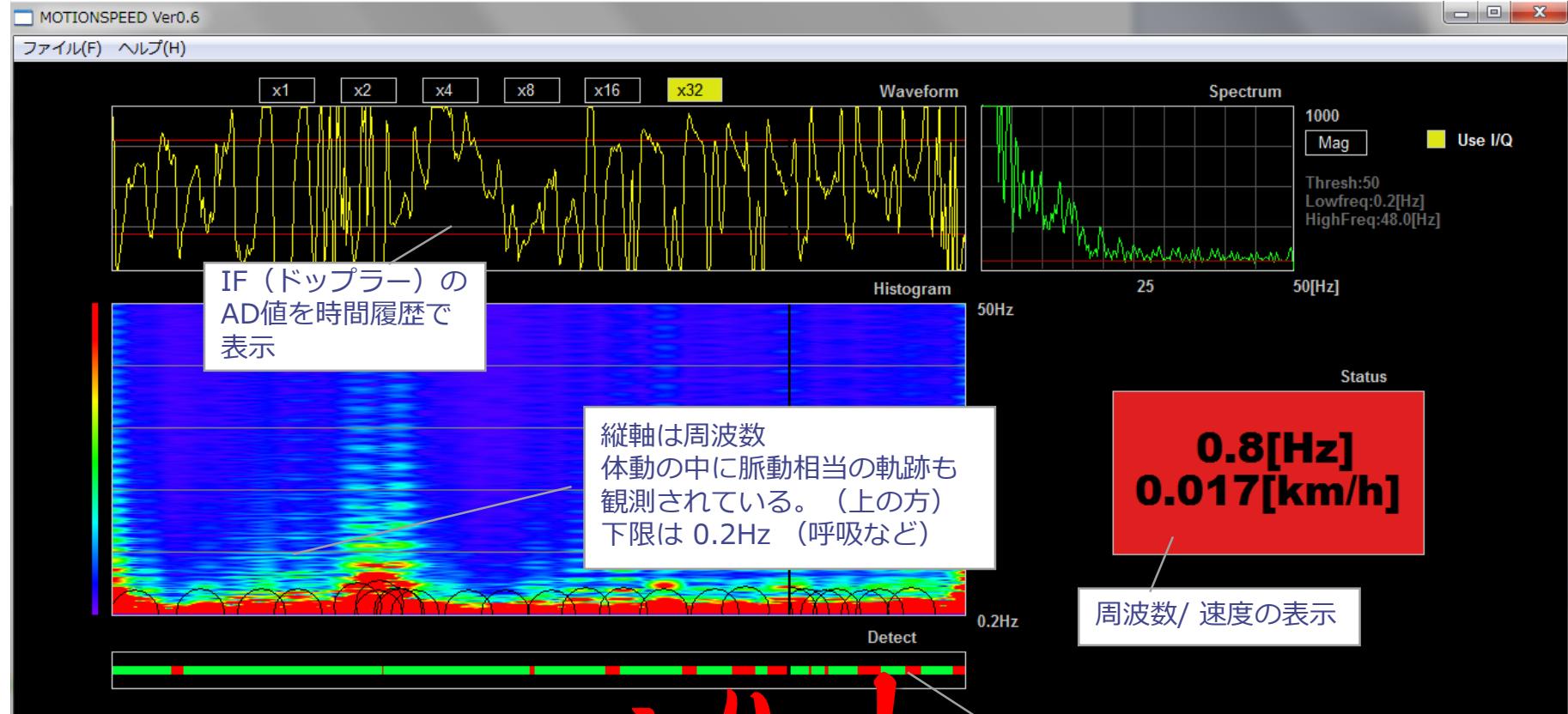
- 安静時に検知出来ない。（赤外線、ドップラーなど）
  - ◆ 起こりうる問題シーン
    - テレビ鑑賞中にセンサーが不在と判定してしまう。
    - 読書中にセンサーが「不在」と判定してしまう。
    - 就寝中を「不在」と判定される。
  - ◆ 個室型トイレにて
    - 子供
    - 長時間一定姿勢
- 周囲環境のノイズに誤検知（ドップラー）
  - ◆ 起こりうる問題シーン
    - 観葉植物やカーテンが風になびく
    - 家庭用AC電源、蛍光灯、空調機械など

## ◆ 改善提案 : 低周波仕様ドップラーセンサー

- 最低周波数を0.2Hzまで検知可能にした。
  - ◆ 呼吸相当の周波数帯も検知する。
  - ◆ 安静時も在室の判定が可能  
テレビ鑑賞中、読書中、就寝中を「在室」と判定される。  
個室型トイレにて子供、長時間一定姿勢も「在室」判定
- FFT処理のデジタルフィルタ
  - ◆ 周囲環境のノイズキャンセル（レベル、周波数を解析）
  - ◆ 観葉植物やカーテンが風になびく、家庭用AC電源、蛍光灯、空調機械なども学習
- 24bit ADCの採用
  - ◆ 高精度にS/N比を稼ぐ。 ( $\Delta\Sigma$ 型 ADC)

# CW ドップラー (低周波仕様)

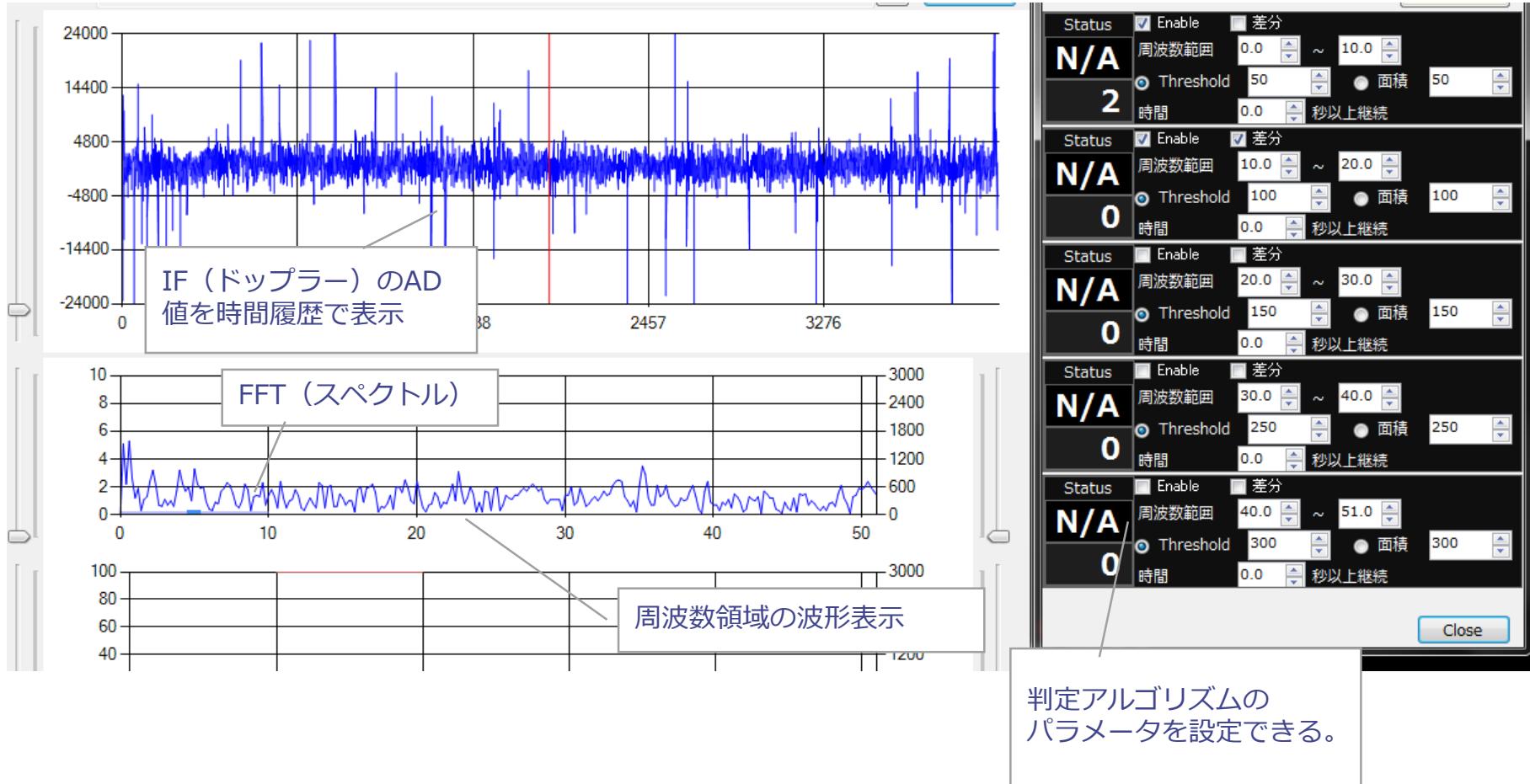
◆ 高精度バイタルモニター、動体検知 GUIスクリーンショット例



今あるかぎり!

I/Q 検波により  
接近離脱 (緑と赤で表示) の判定

## ◆ ログデータ解析 Viwerソフト (判定シミュレーション)



# 離床予兆センサー (Out-Of-Bed Alarm)

- ◆ 定在波レーダーを採用する事により・・・
  - 至近距離の静止物検知が可能
    - ◆ 従来型では 1m以内はデッドゾーン
  - 高速スイープにより瞬時応答能力の劇的な向上(10ms サイクル)
    - ◆ 低周波ドップラーでは計算周期が長くなる。
- ◆ さらに至近距離というアプリケーション要求から
  - ローコスト版RFモジュールが使用出来る。
    - ◆ InnosenT IVS-465 や IPS-162, 163 なら 2000 ~ 4000円程度

# 離床予兆センサー (Out-Of-Bed Alarm)

- ◆ 定在波レーダーを採用する事により・・・
  - 至近距離の静止物検知が可能
    - ◆ 従来型では 1m以内はデッドゾーン
  - 高速スイープにより瞬時応答能力の劇的な向上(10ms サイクル)
    - ◆ 低周波ドップラーでは計算周期が長くなる。
- ◆ さらに至近距離というアプリケーション要求から
  - ローコスト版RFモジュールが使用出来る。
    - ◆ InnosenT IVS-465 や IPS-162, 163 なら 2000 ~ 4000円程度

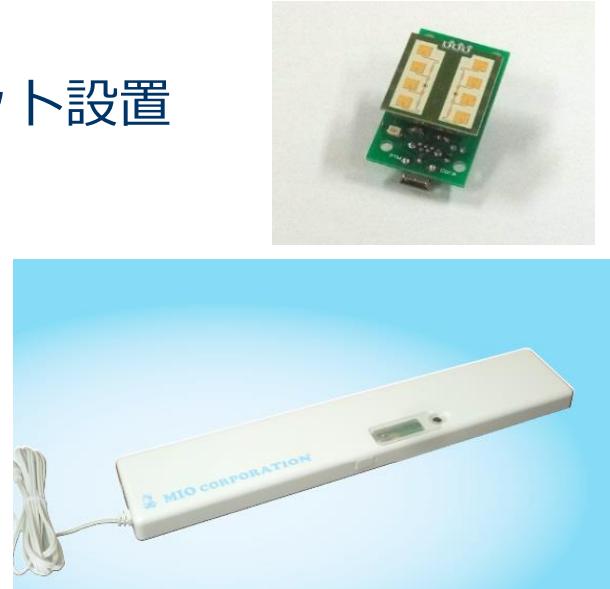
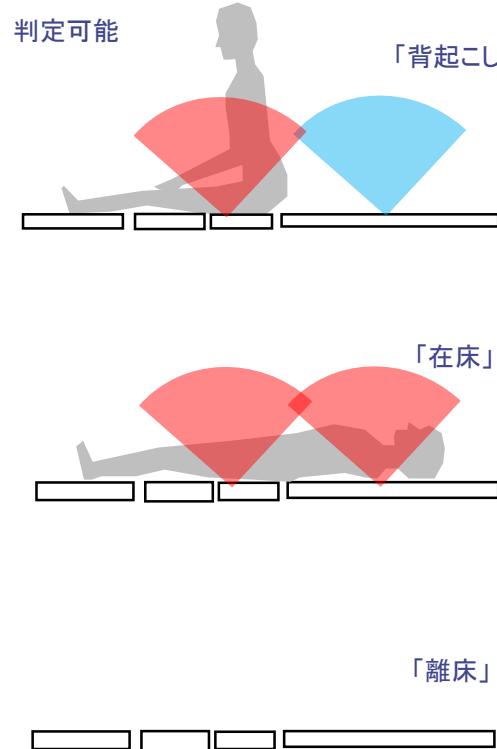
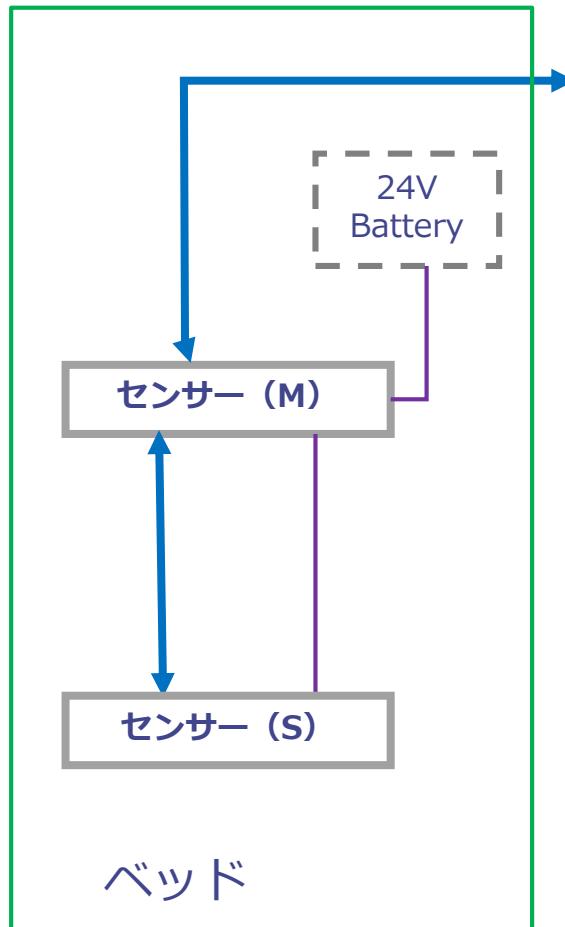
# 離床予兆センサー (Out-Of-Bed Alarm)

- ◆ 定在波レーダーを採用する事により・・・
  - 至近距離の静止物検知が可能
    - ◆ 従来型では 1m以内はデッドゾーン
  - 高速スイープにより瞬時応答能力の劇的な向上(10ms サイクル)
    - ◆ 低周波ドップラーでは計算周期が長くなる。
- ◆ さらに至近距離というアプリケーション要求から
  - ローコスト版RFモジュールが使用出来る。
    - ◆ InnosenT IVS-465 や IPS-162, 163 なら 2000 ~ 4000円程度

# 離床予兆センサー (Out-Of-Bed Alarm)

## ◆ 試作品イメージ

- ベッドマットの下に2個1セットとして 2 セット設置



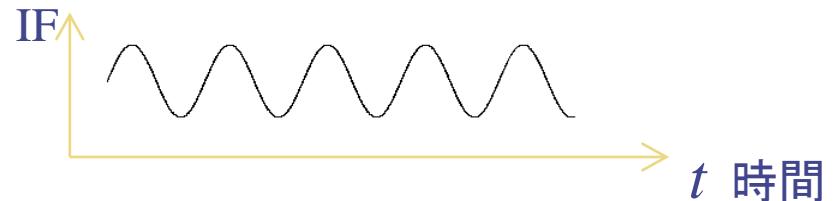
24GHz マイクロ波センサー (IVS-465)を使用し、マイコン基板にて静止物検知のステータスを出力する。

加算平均処理や移動平均処理を追究することで所要のご要求に对する最適化を検討します。

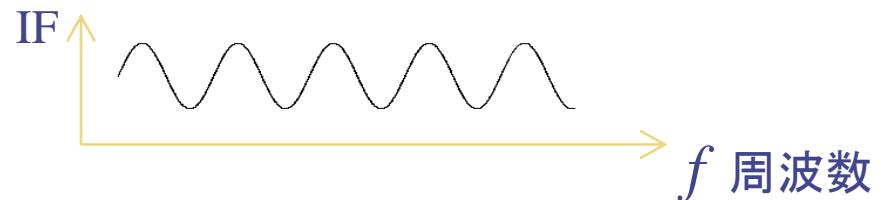
# 定在波レーダーとは

- ◆ 従来型FMCWにおける至近距離での問題点
  - いわゆるデッドゾーン 0mから1m～2m程度まで
- ◆ 問題の由来
  - FMCW方式
    - ◆ 反射波の遅れを計測 ⇒ ビート周波数をカウント
    - ◆ 「1以上の整数」の周期が必要
    - ◆ DC成分によりSN比が悪い
  - 定在波レーダー
    - ◆ 送信波と反射波を合成波として扱う。
    - ◆ 1周期以内は「波形」を観測する。
      - 位相  $\Delta$  はキャリア周波数 (24GHz)の波長をサンプリング点数の逆数を掛けるオーダー (例：6mm/1024)の分解能がある。
- ◆ 偽陰、疑陽の問題を解決

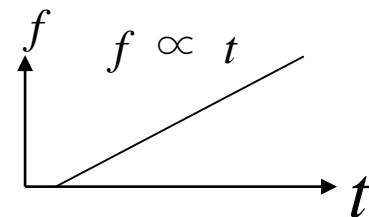
- FMCWレーダ  
時間軸上の信号 = ビート信号



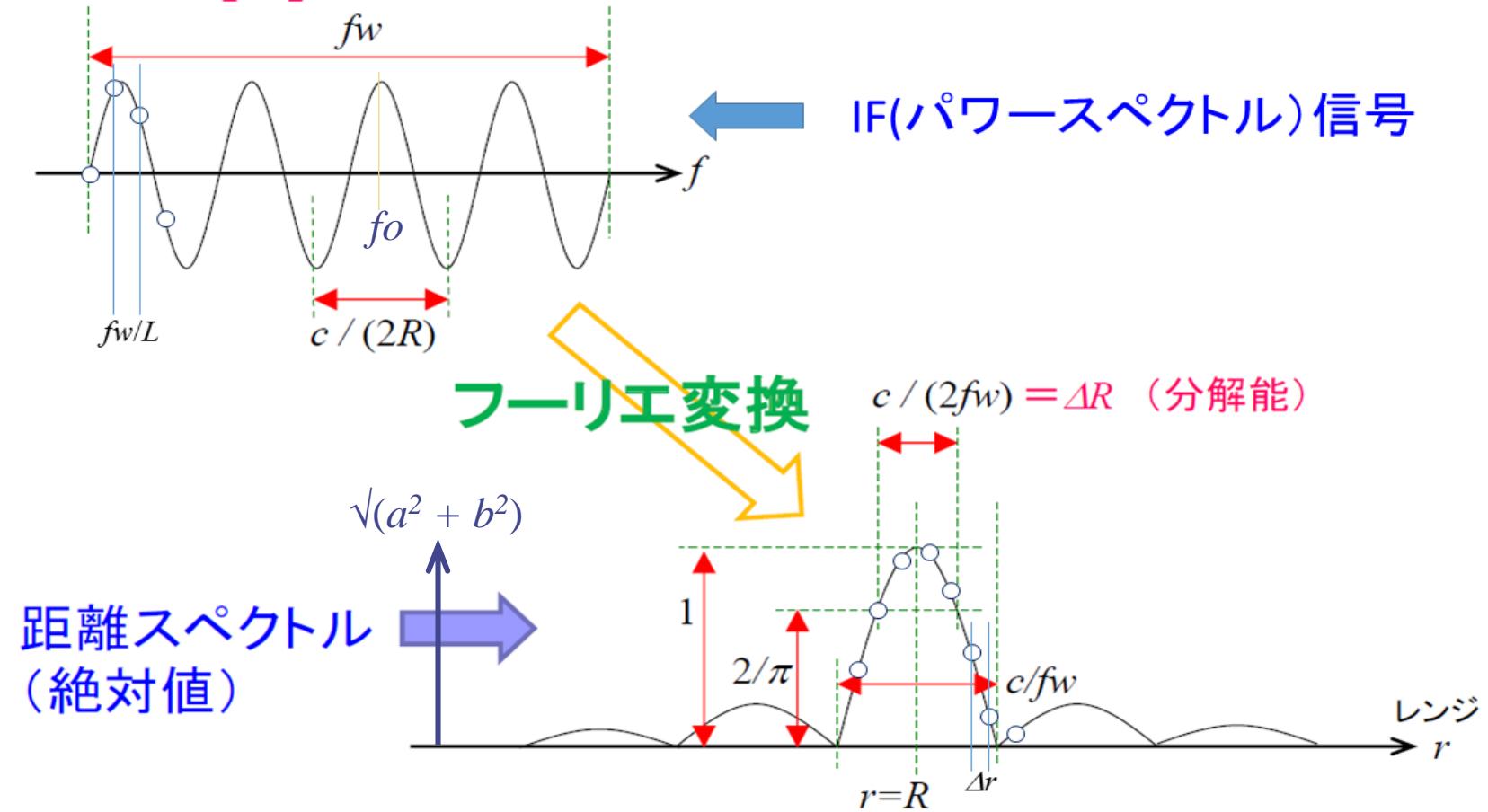
- 定在波レーダ  
周波数軸上の信号 = パワースペクトル



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

距離  $R [m]$  に目標物がある場合

- (1)  $R_{\max}$  : 最大計測距離
- (2)  $f_w$  : 周波数スイープ幅
- (3)  $\Delta r$  : 距離値算出分解能
- (4)  $\Delta R$  : ターゲット分解能
- (5)  $L$  : IF (パワースペクトル) 信号サンプル数
- (6)  $M$  : FFT 長
- (7)  $f_o$  : 中心周波数
- (8)  $v$  : ターゲット速度
- (9)  $T$  : 周波数スイープ時間
- (10)  $\Delta t$  : IF (パワースペクトル) 信号サンプリング周期
- (11)  $f_{BW}$  : IF (パワースペクトル) 信号帯域
- (12)  $D$  : ドップラにより生じる測距誤差

サンプル数  $L$ , FFT 長  $M$ , 周波数スイープ幅  $f_W$  が決まれば以下のパラメータが決定される。

$$\Delta R = \frac{c}{2f_W} \quad (1)$$

$$R_{\max} = \alpha \cdot \frac{Lc}{4f_W} \quad (2)$$

$$\Delta r = \frac{c}{2f_W} \cdot \frac{L}{M} = \Delta R \frac{L}{M} \quad (3)$$

$$\alpha \leq 1 \quad (4)$$

ただし、  $c$  は光速

周波数スイープ時間  $T$  を決めれば、IF (パワースペクトル) 信号のサンプリング周期  $\Delta t$  と信号帯域  $f_{BW}$  は次式より決定される。

$$\Delta t = \frac{T}{L} \quad (5)$$

$$f_{BW} = \frac{2f_W R_{max}}{cT} = \alpha \cdot \frac{L}{2T} \quad (6)$$

これらと式(5)より、信号アンプとして、

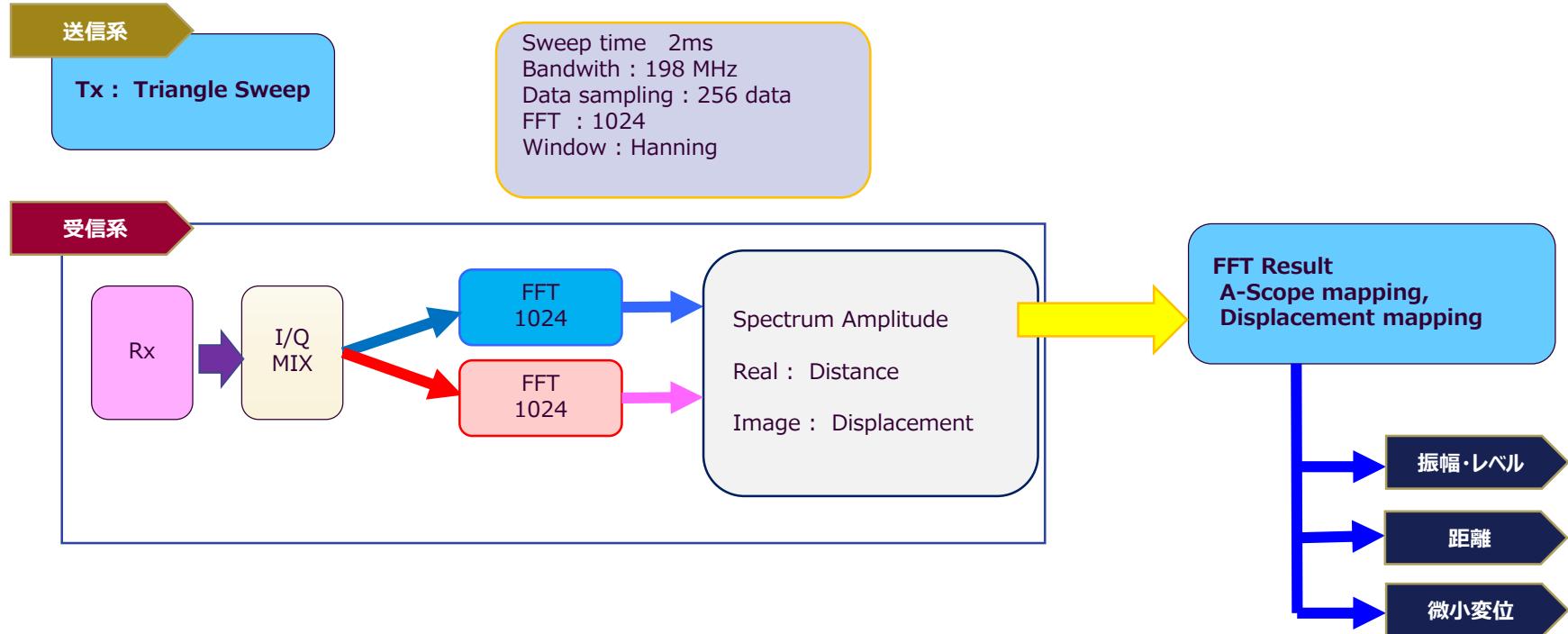
$f_{BW}$  以下の周波数を通過、 $f_{BW}/\alpha$  以上の周波数を阻止できる周波数特性が必要。

ターゲットが速度  $v$  で移動している場合、距離スペクトルのピーク位置は、真の距離ではなく、 $D$  だけシフトした場所に生じ、測距誤差となる。これは、速度  $v$  によって生じるドップラ現象によるものである。

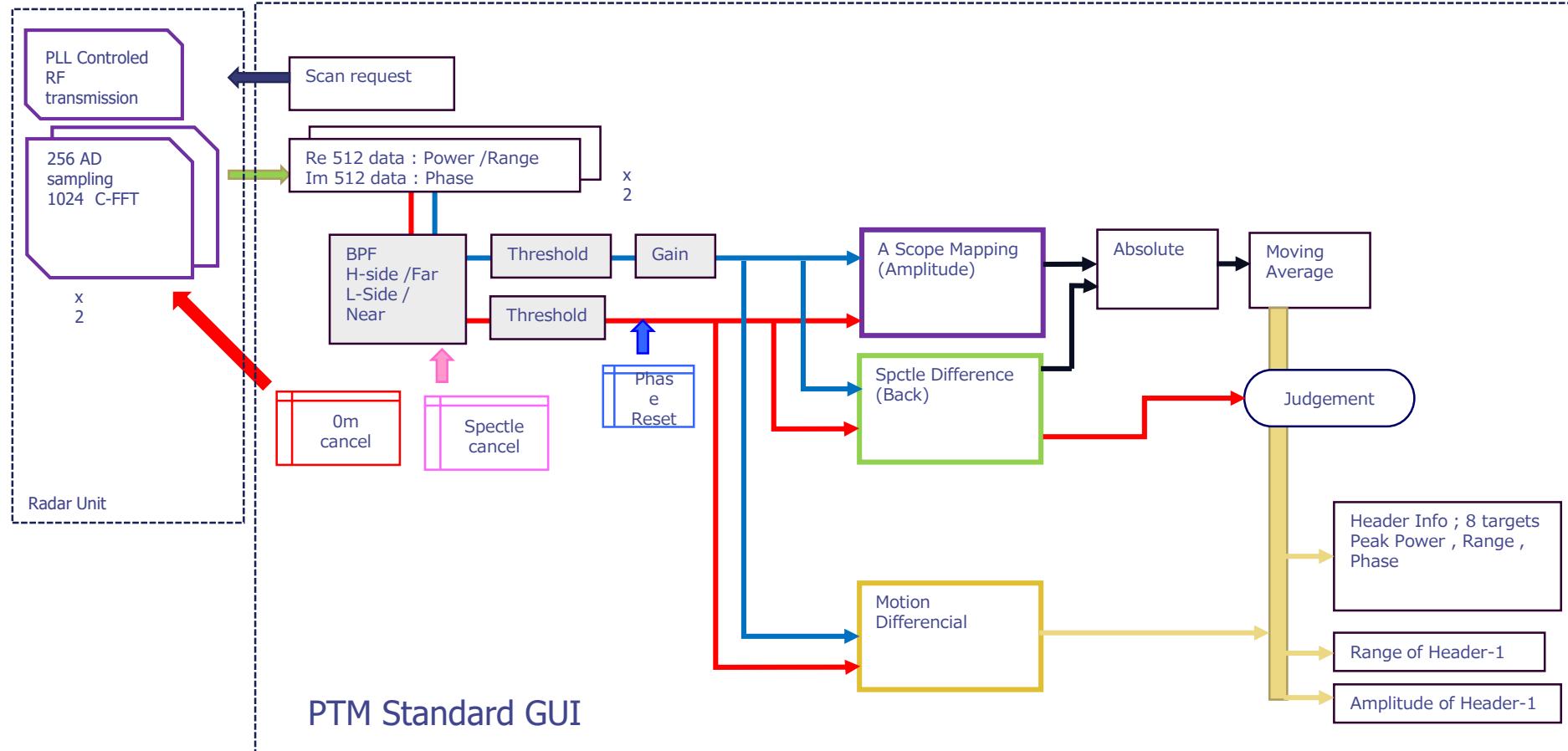
中心周波数が  $f_o$  のとき、

$$D = \frac{f_o}{f_W} T v \quad (7)$$

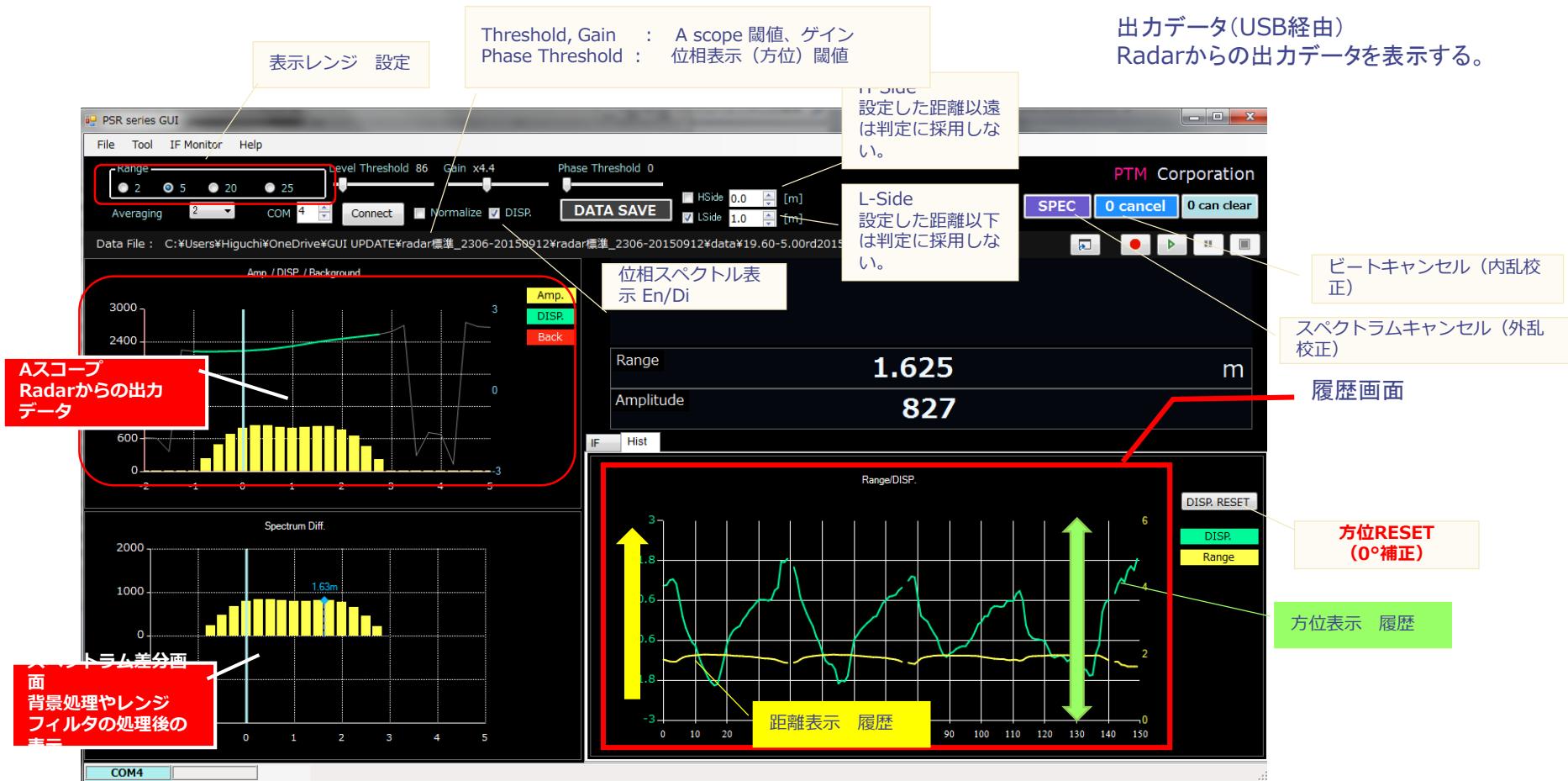
# 信号処理フロー (レーダー内部処理)



# 信号処理フロー (GUI 表示系)

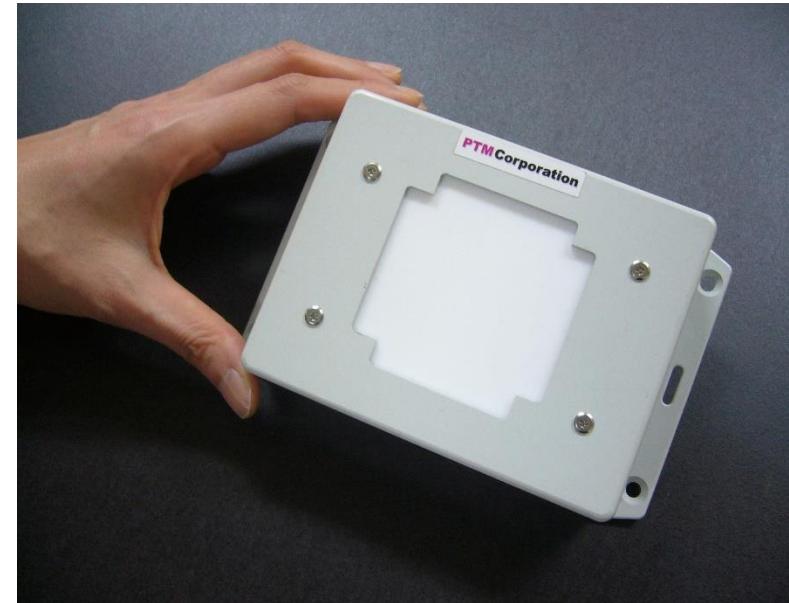


# PTM STANDARD RADAR GUI



## PSR148 Series

| 主要項目    | 仕様 (電波法準拠)            |
|---------|-----------------------|
| 周波数帯域   | 24.05~24.25GHz        |
| 占有帯域幅   | 150MHz (FMCW時)        |
| 送信波出力電力 | 20dBm(typ) EIRP       |
| ビーム幅    | 水平方向 32°<br>垂直方向 14°  |
| 測定周期    | 100msec               |
| 測定レンジ   | 0~90m                 |
| 外形寸法    | W145 x H90 x D30 [mm] |



- FMCW : 定在波レーダー方式 ローコストFM変調
- CW : 動体検知、周波数解析
- FSK (2周波CW) : 動体距離検知

※ 動体検知、測距、速度などニーズに応じたセンシングを可能としています。

※ 外部インターフェースは柔軟に対応可能です。

USB、CAN, RS232C, RS485, Ethernet, 無線LAN、BlueTooth、Zigbee、携帯電話回線など

# PSR162 (ローコストアプローチ)

## PSR162 Series

| 主要項目    | 仕様 (電波法準拠)            |
|---------|-----------------------|
| 周波数帯域   | 24.05~24.25GHz        |
| 占有帯域幅   | 150MHz (FMCW時)        |
| 送信波出力電力 | 15dBm(typ) EIRP       |
| ビーム幅    | 水平方向 45°<br>垂直方向 38°  |
| 測定周期    | 100msec               |
| 測定レンジ   | 0~50m                 |
| 外形寸法    | H25 x W110 x D54 [mm] |



- FMCW : 定在波レーダー方式 ローコストFM変調
- CW : 動体検知、周波数解析
- FSK (2周波CW) : 動体距離検知

※ 動体検知、測距、速度などニーズに応じたセンシングを可能としています。

※ 外部インターフェースは柔軟に対応可能です。

USB、CAN, RS232C, RS485, Ethernet, 無線LAN、BlueTooth、Zigbee、携帯電話回線など

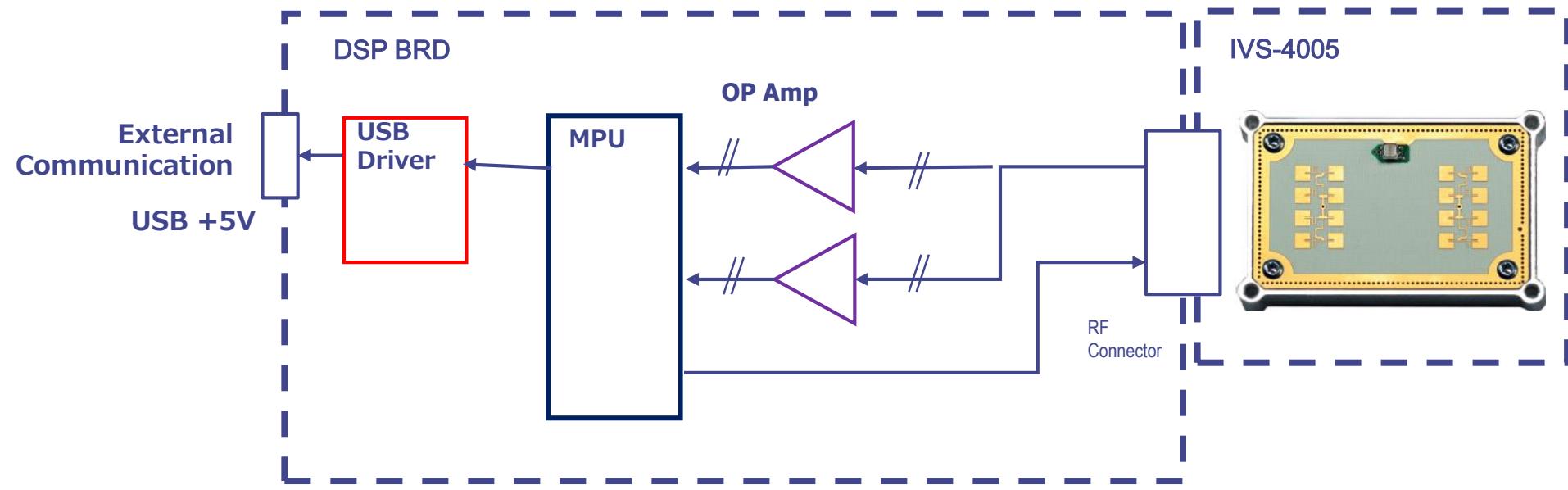
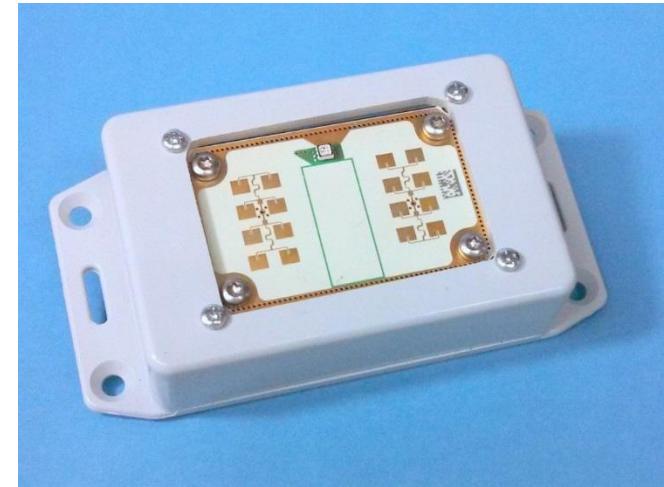
# PSR4005 (シンセサイザ搭載モデル)

名刺大の小型レーダながら、PLLによる周波数制御を実現。高精度な測距性能が可能。MMICの採用により良好な位相バランスを発揮します。

FSK (2周波CW) も可能です。

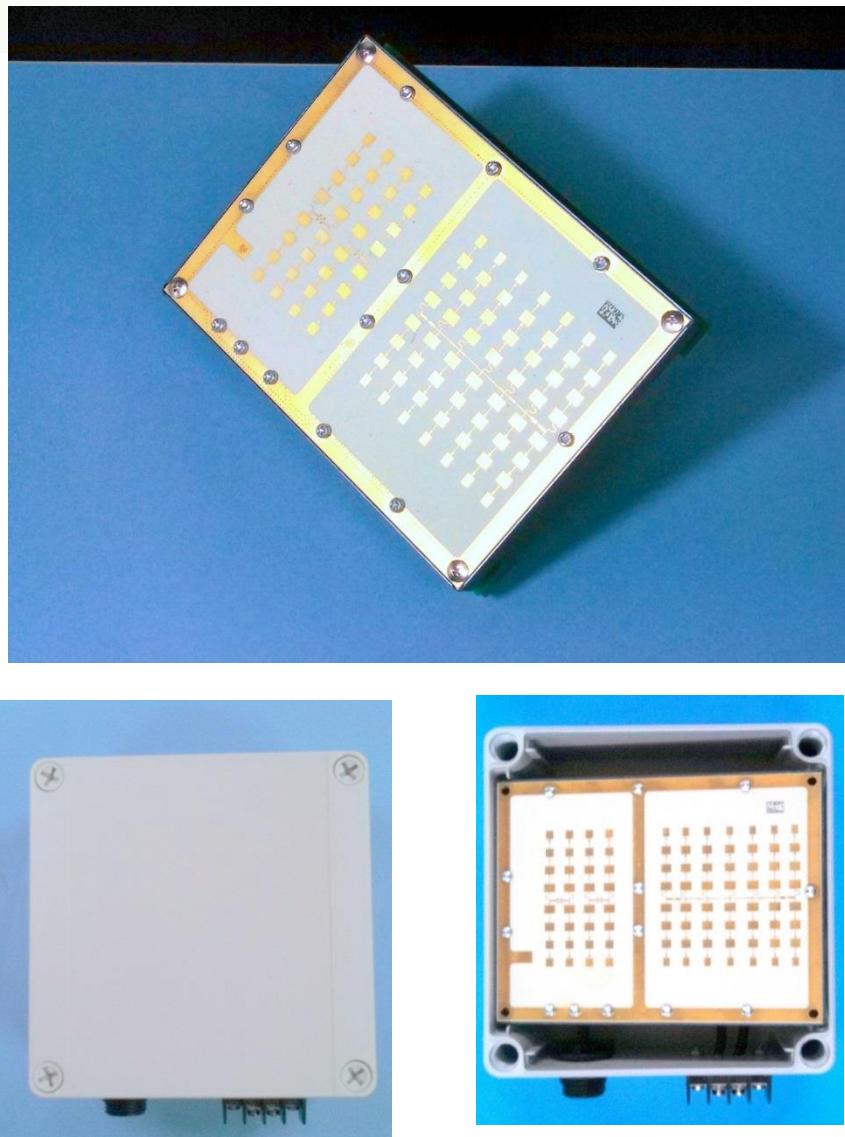
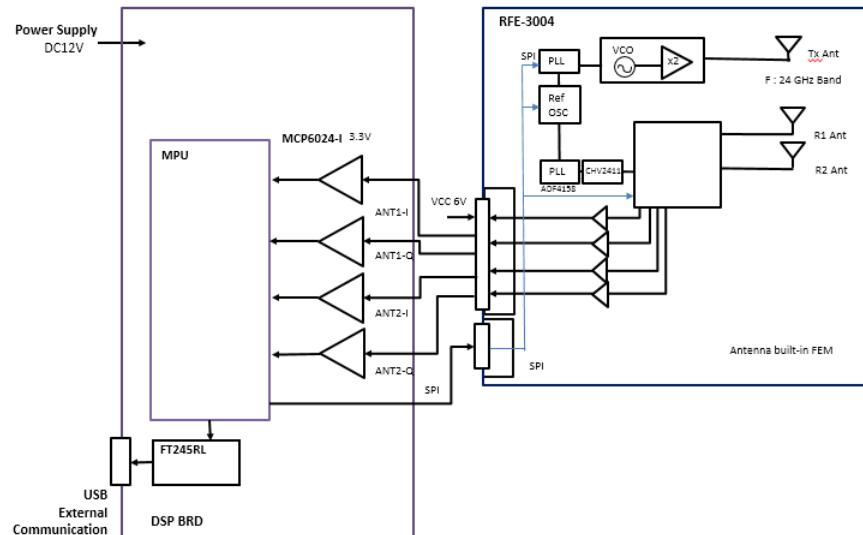
データシート以上のポテンシャルが見込めるキットとなっております。

RFフロントエンドは InnosenT IVS-4005



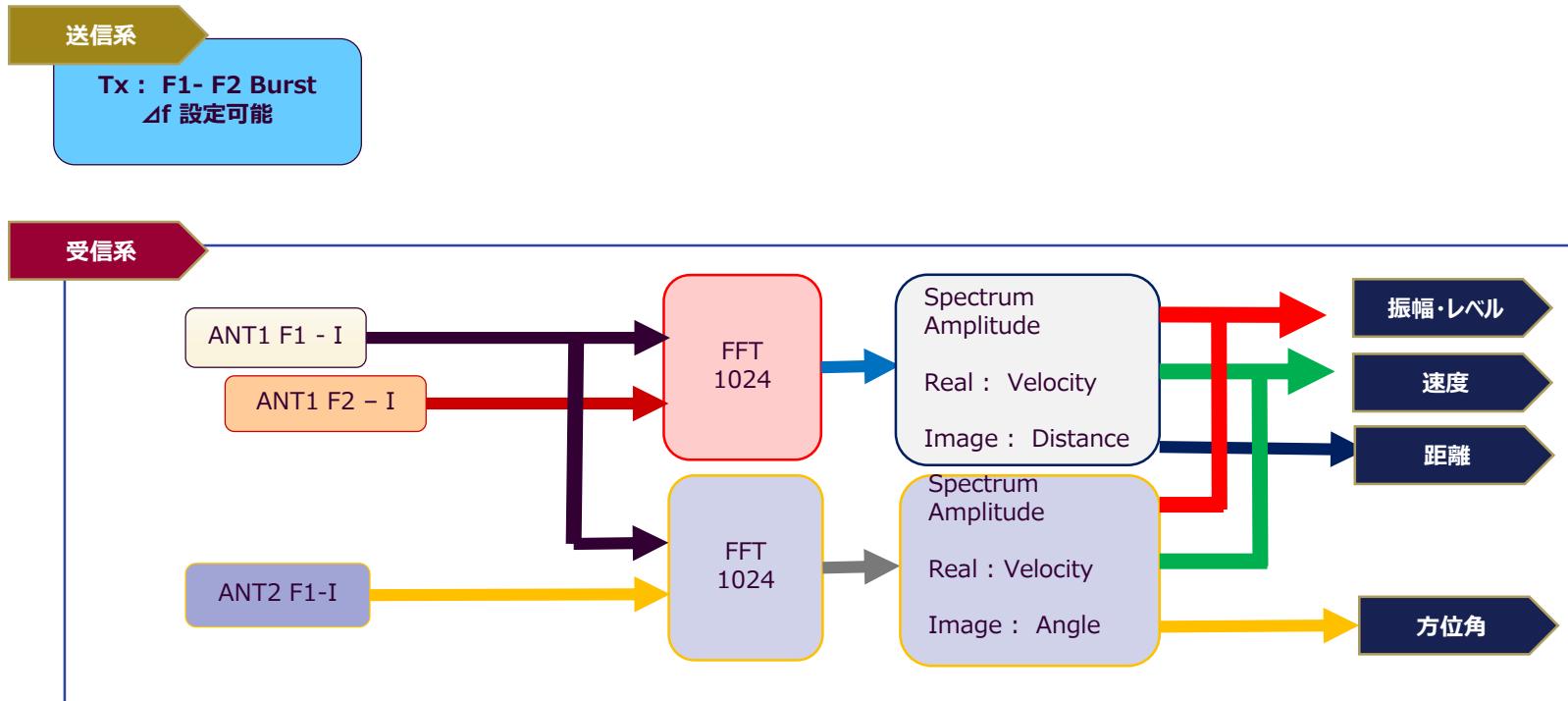
# PSR3004 (モノパルスレーダー)

RFE-3004によるシステムが開発可能なSDKです。  
受信部が2系統あり、モノパルス方式による測角  
(AOA検知)が可能となっております。  
また、FMCW系とCWドップラー/FSK系は独立しており、  
いずれのファンクションでの評価・開発が可能となっております。  
付属のGUI/ Logger ソフトにより、データログも可能。  
信号処理系の机上検討、シミュレーションによる開発  
などにおいてお客様はすぐに開発の着手が可能です。



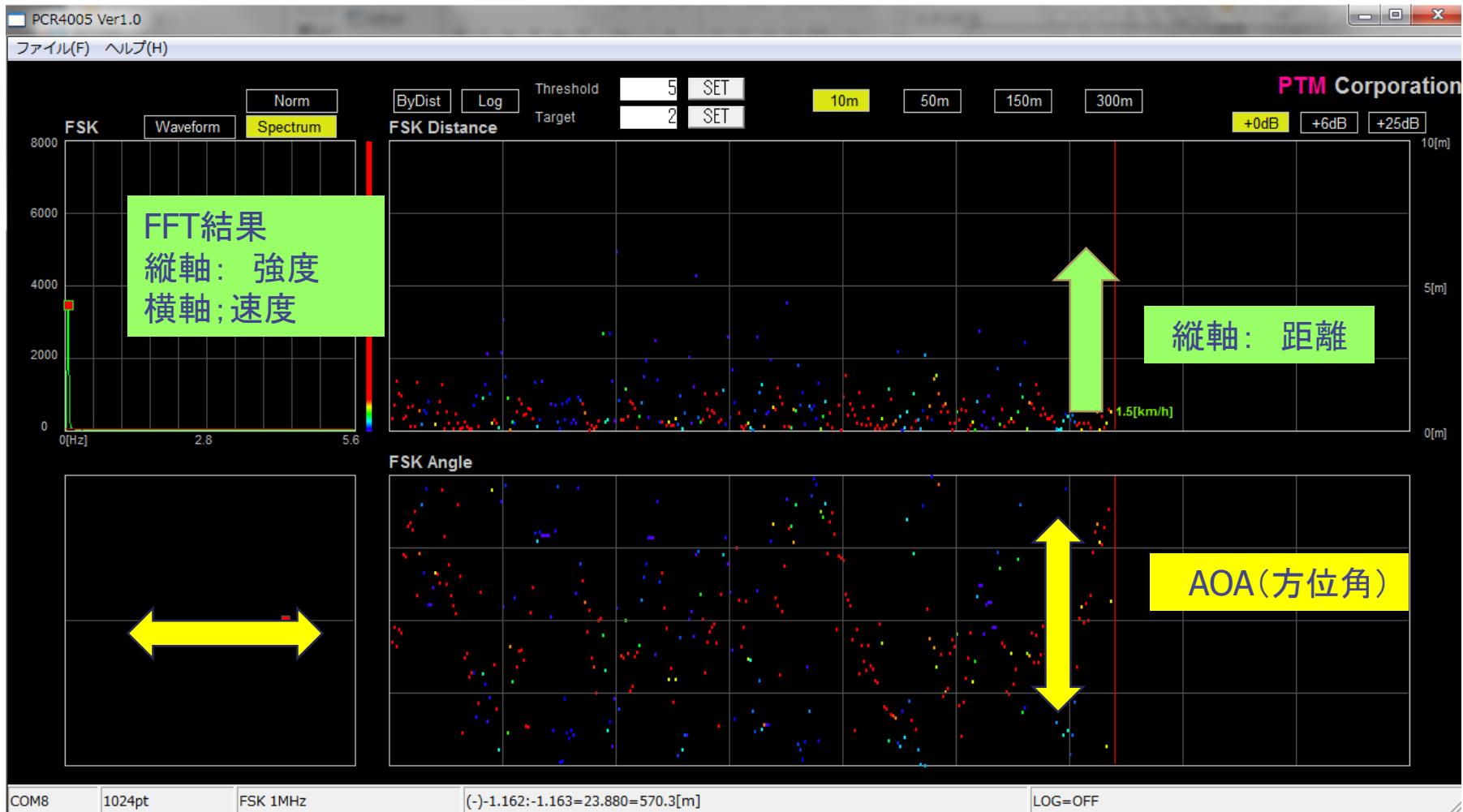
# PSR3004 FSK+位相モノパルス機能

## FSK 動体測距 + 位相モノパルス方位探知 内部処理



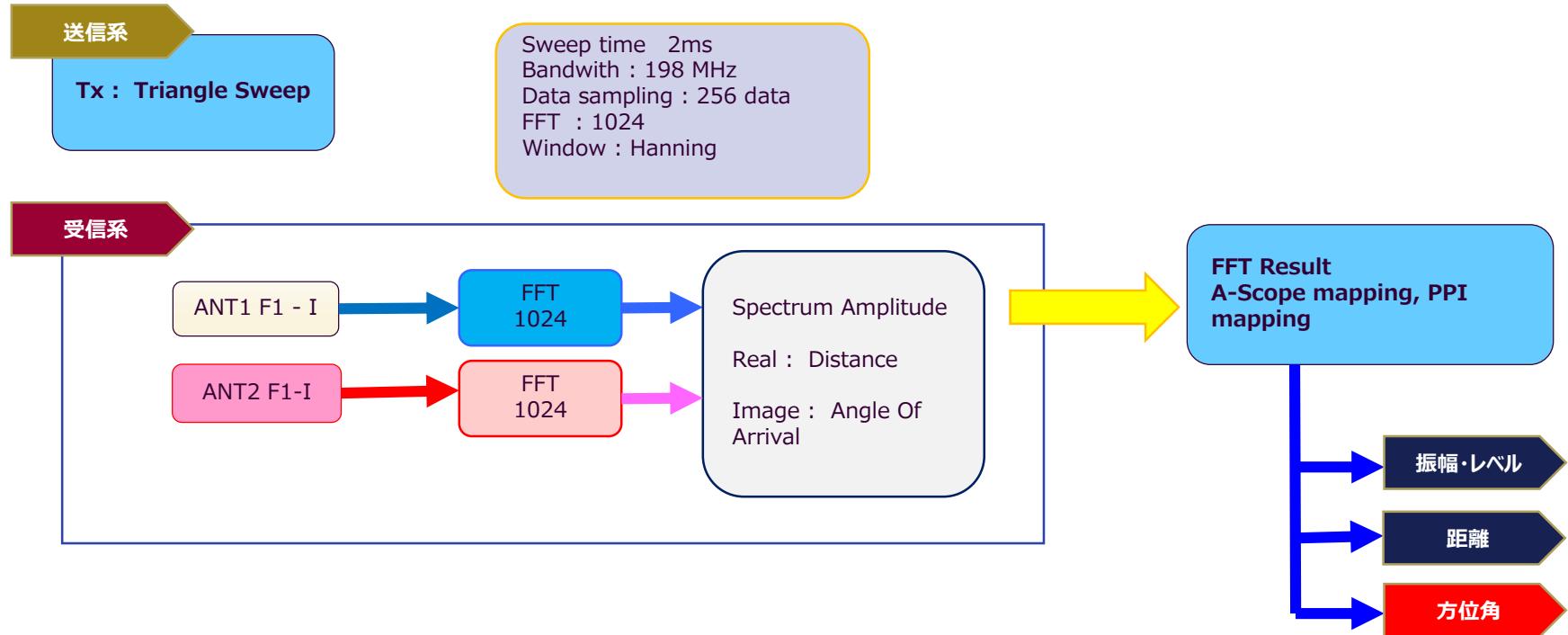
# PSR3004 FSK+位相モノパルス機能

## GUI 表示例

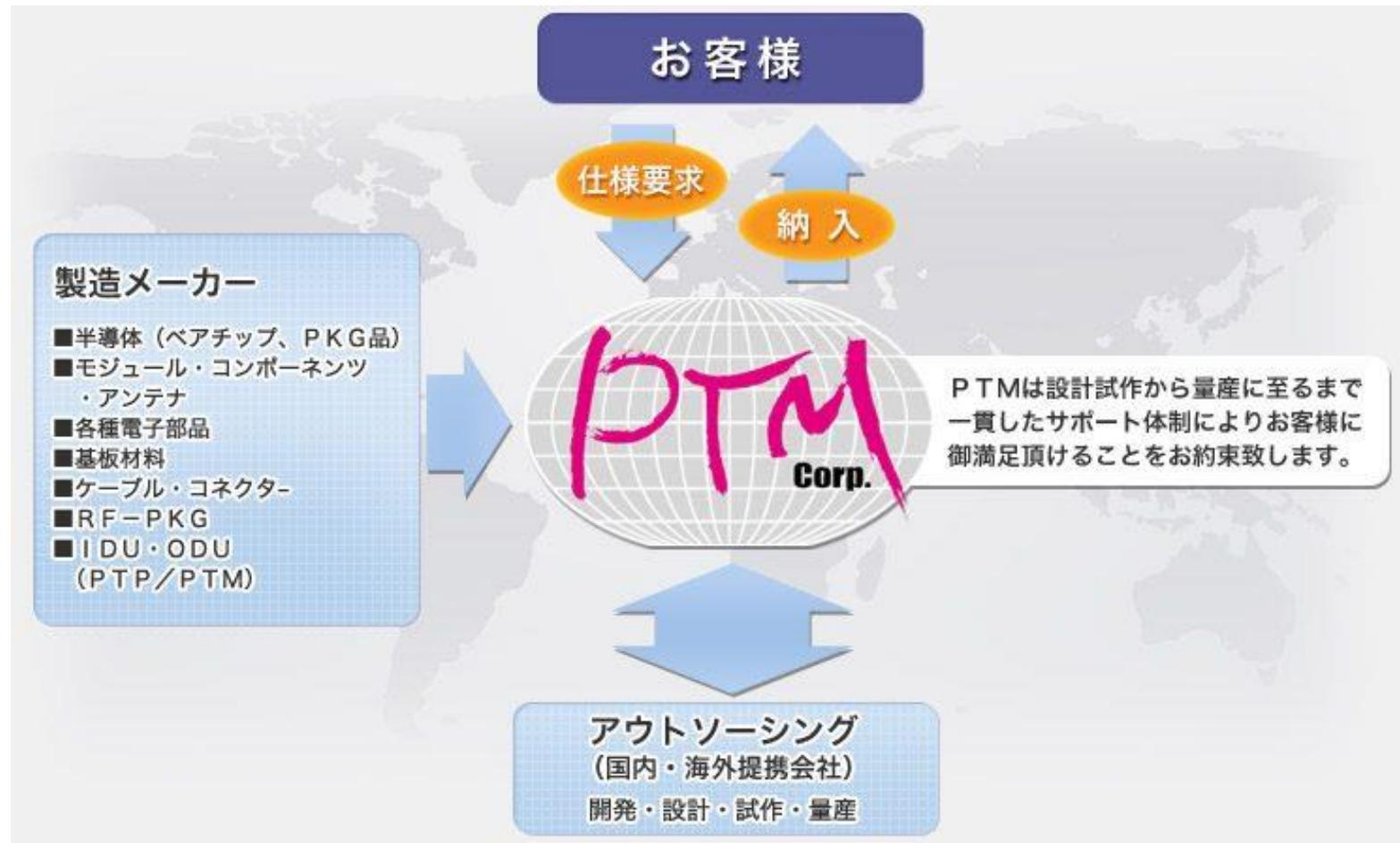


# PSR3004 定在波レーダー+位相モノパルス

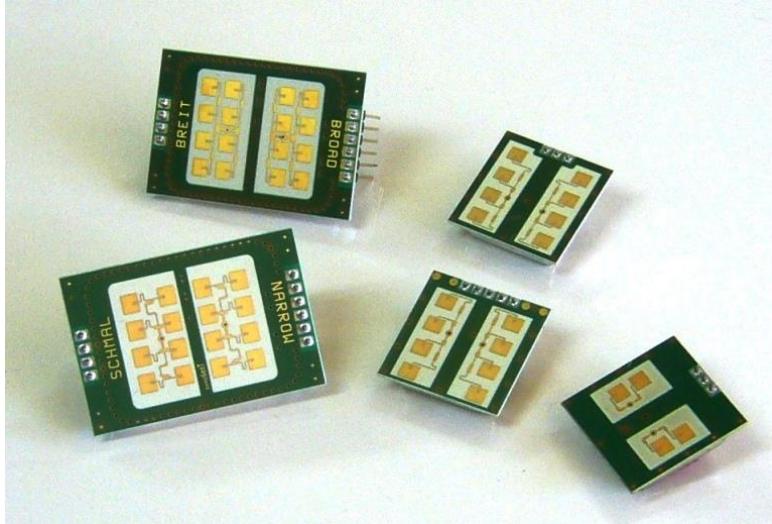
## 定在波レーダー 静止物測距 + 位相モノパルス方位探知 内部処理



|      |   |
|------|---|
| 社名   | ピーティーエム株式会社   |
| 所在地  | 〒226-0011 神奈川県横浜市緑区中山町306番地-15 パームビュービル3階               |
| 電話番号 | (045) 938-6322  |
| FAX  | (045) 938-6323  |
| URL  | <a href="http://www.ptm-co.jp">http://www.ptm-co.jp</a> |



ご清聴有難うございました。



ピーティーエム株式会社

TEL; 045-938-6322

URL; [www.ptm-co.jp](http://www.ptm-co.jp)

Email; [sales@ptm-co.jp](mailto:sales@ptm-co.jp)

*Meet us Booth A08*

