Microwave Workshops & Exhibition
MWE 2014
Dec.10-12, 2014 in Pacifico Yokohama, JAPAN

12/11 14:30-15:15 Room 6

マイクロ波・ミリ波を使用したレーダー (開発期間短縮を可能にする評価キット)

ピーティーエム株式会社 営業部

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

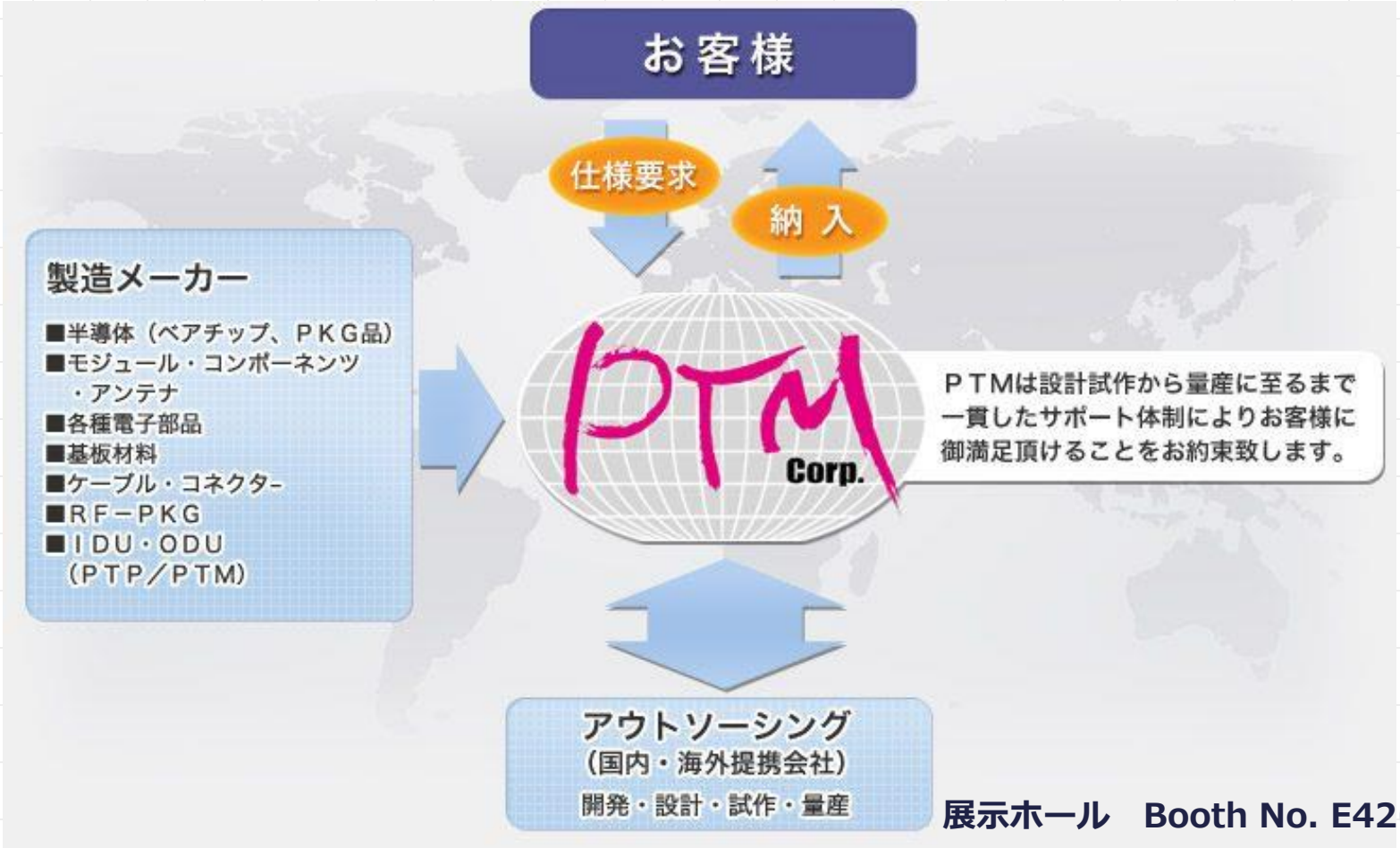
概要：　インデックス

- 会社概要及びサービスのご案内
- 24GHz帯 レーダ評価キット概要
  - PSR148/ PSR162 / 評価用GUI ソフト画面 / 基本設定画面 / パラメータ設定
- 定在波レーダ
  - スペクトラムキャンセル差分の動作/ 微小変位計測について / スペクトラムキャンセル差分 / 微小変位計測（呼吸の検知） 動作実験
  - レベル計向けの評価用GUI
  - PSR148　長距離検知の実験
- 動体検知（CWドップラー）
  - CWドップラー 長距離検知実験（PSR148）/ CWドップラー　公道実験（PSR162）
- 低価格モジュール　IPM-165 モーションディテクト（人感センサー）
  - パラメータ設定 ツール
- 製品化事例
- まとめ：24GHz レーダ評価キット　シーンに応じた機能の確認

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

会社概要及びサービスのご案内

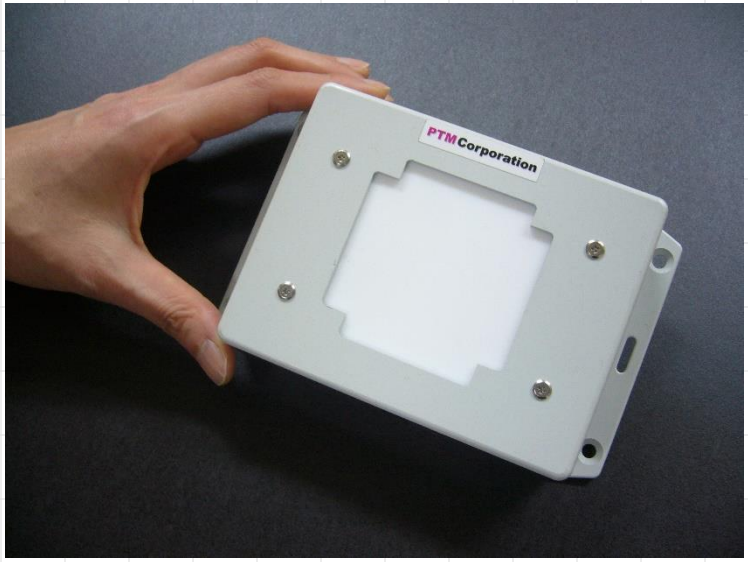
社　名	ピーティーエム株式会社
所 在 地	〒226-0011　神奈川県横浜市緑区中山町306番地-15　パームビュービル3階
電話番号	(045) 938-6322
FAX	(045) 938-6323
URL	http://www.ptm-co.jp



展示ホール　Booth No. E42にて出展中

24GHz帯 レーダ評価キット概要

- PSRシリーズ 構成及び機能　・・・・・・・・・・・・・・・・・PSR148, PSR162, PSR163
  - InnosenT (ドイツ) 製 RFモジュールを採用している。
  - RFモジュールの特性により2種類の基板をラインナップし機能評価などが可能。
  - 方式は定在波レーダ（FM-CW)とドップラーレーダに対応するマルチファンクションキット。
  - GUI ソフトウェア付属



PSR148

PSR162, PSR163

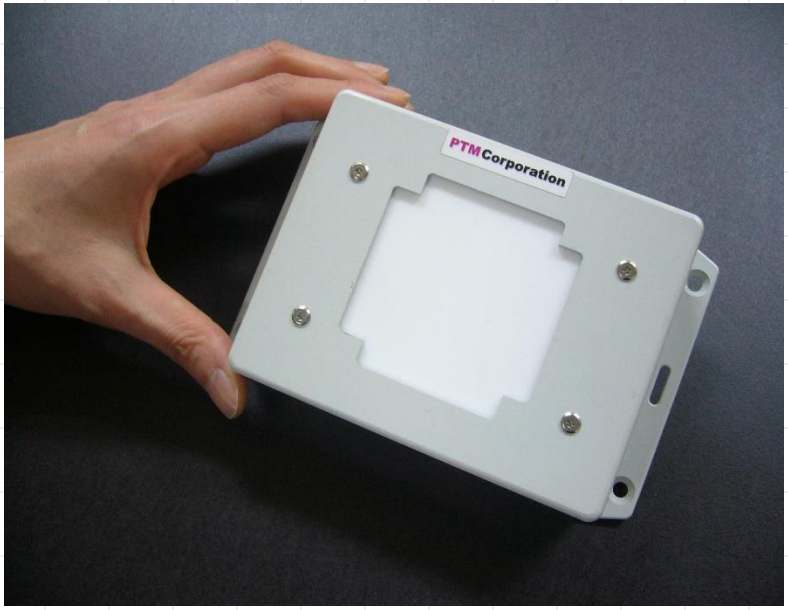
展示ホール　Booth No. E42にて出展中

24GHz レーダ評価キット PSR148

PTM Corp.
Define & Design support

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° 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, Eithernet, 無線LAN、BlueTooth、Zigbee、携帯電話回線など

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

24GHz レーダ評価キット PSR162

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° 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, Eithernet, 無線LAN、BlueTooth、Zigbee、携帯電話回線など

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

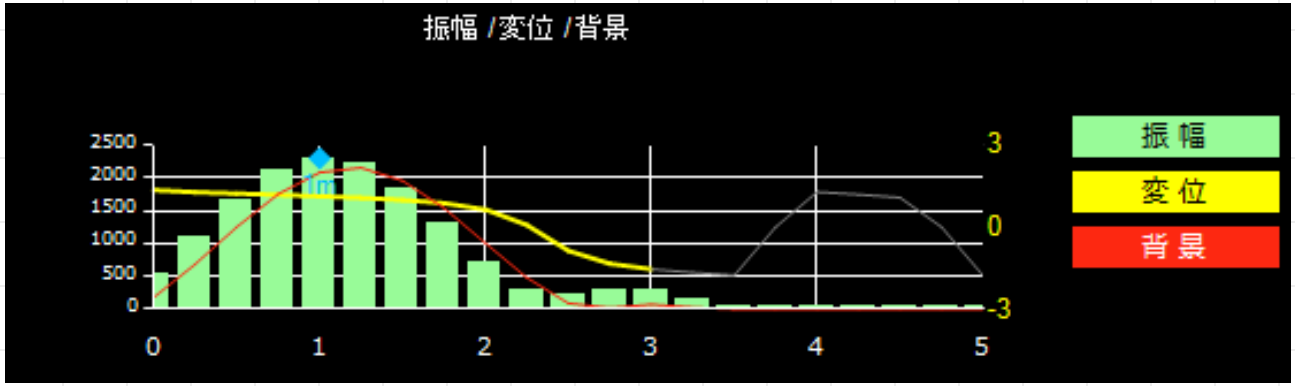
評価用GUI ソフト画面

メイン画面

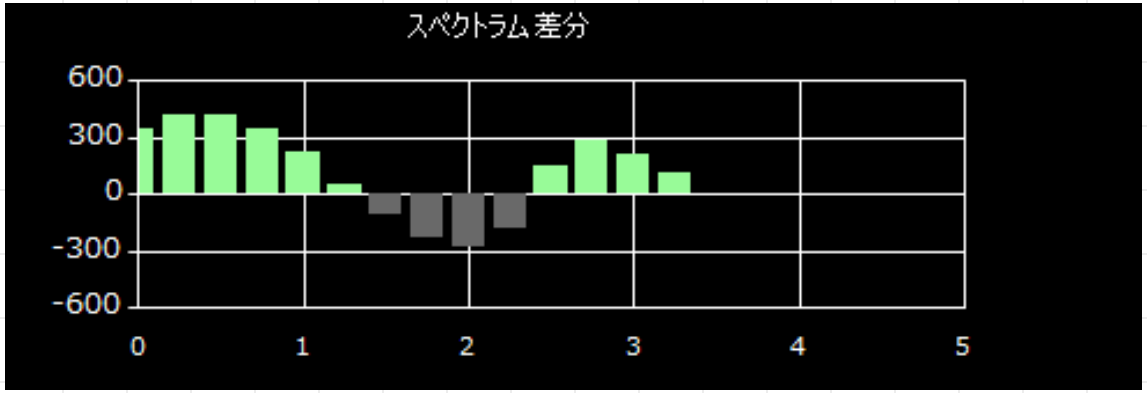
展示ホール　Booth No. E42にて出展中

評価用GUI ソフト画面

A スコープ　（振幅画面）　：　縦軸 スペクトラムピーク値　x 横軸 距離値



スペクトラムキャンセル差分表示　：　背景除去



展示ホール　Booth No. E42にて出展中

評価用GUI ソフト画面

メイン画面

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

基本設定画面

基本設定パラメータ

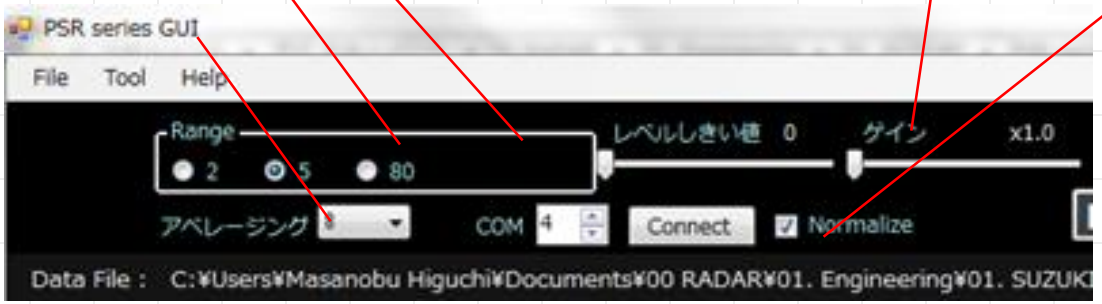
通信ポート設定

レンジ設定

アベレージング設定

スレッショルド設定
レベル、ゲイン、位相（スペクトルレベル）

Aスコープ 正規化表示



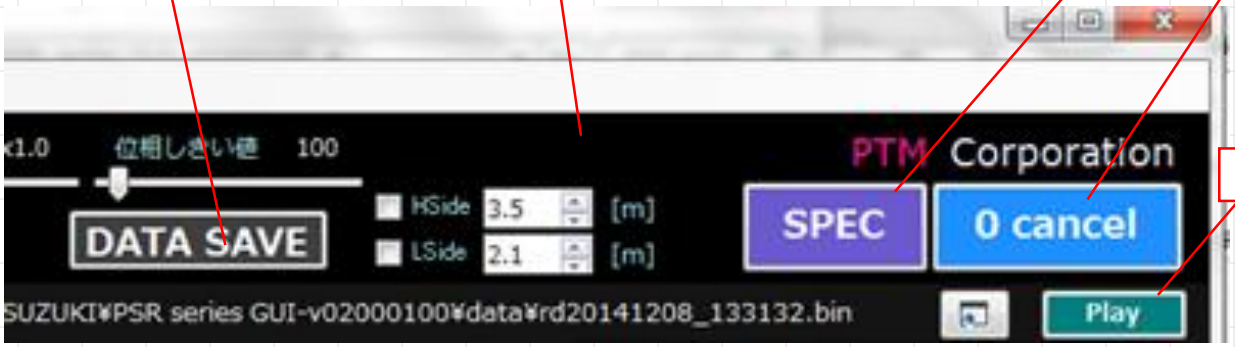
ログデータ セーブ

判定スパン設定

スペクトラムキャンセル

0m キャンセル

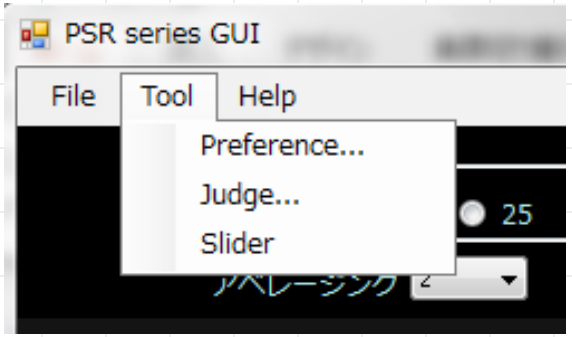
ログデータ 再生

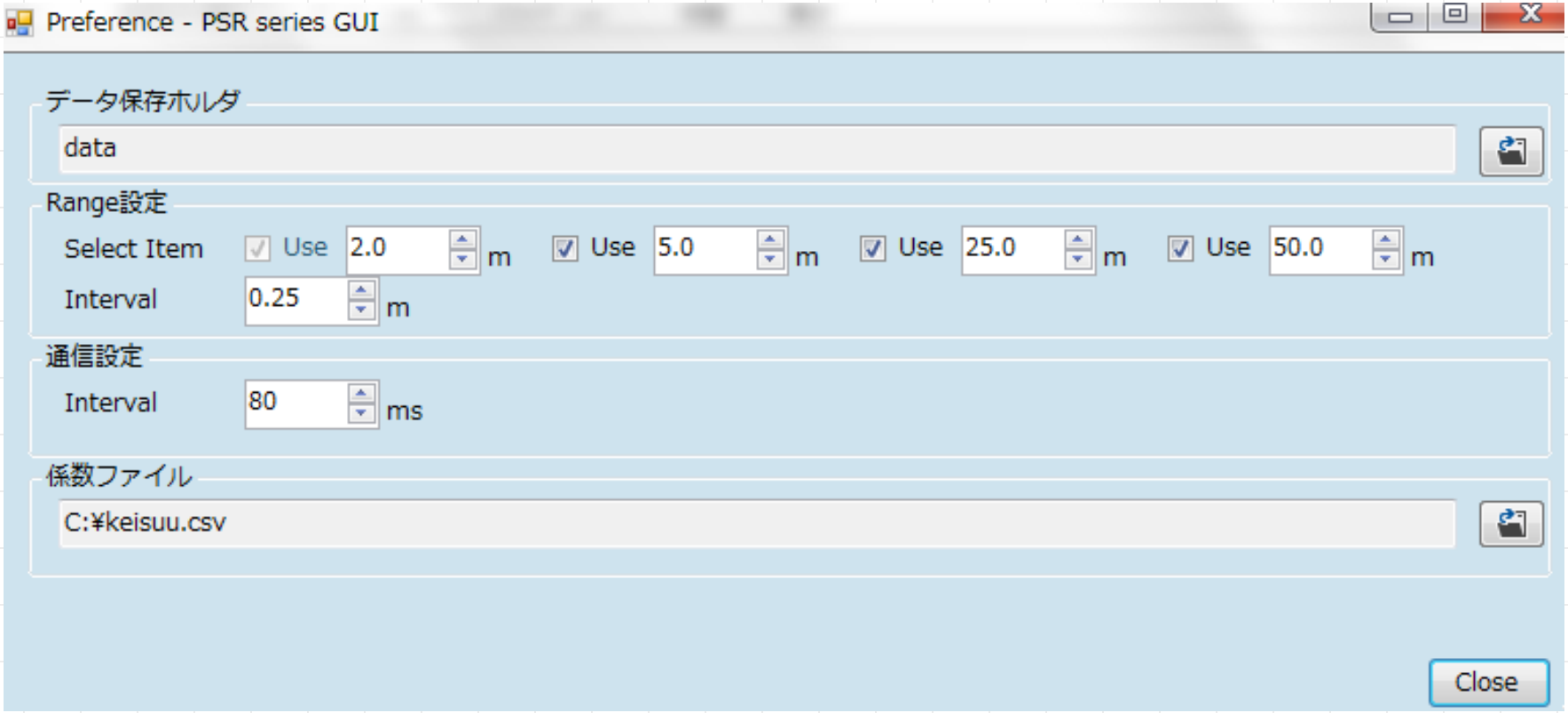


展示ホール　Booth No. E42にて出展中

パラメータ設定

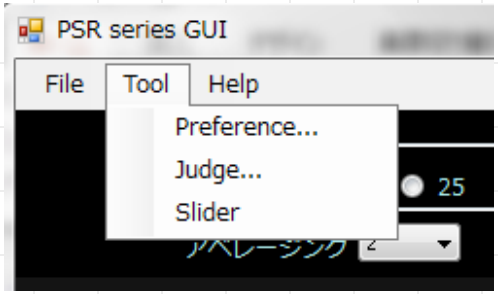
表示設定画面（ Preference ）



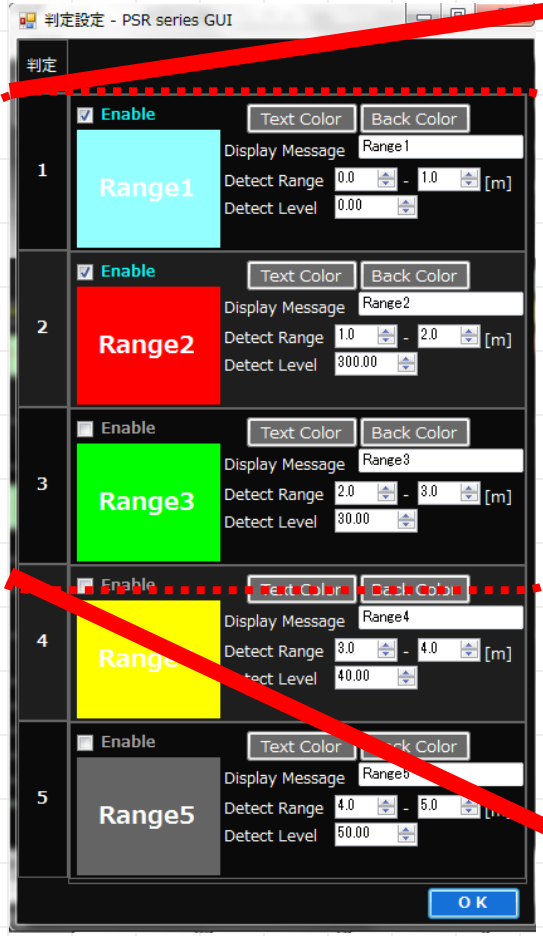


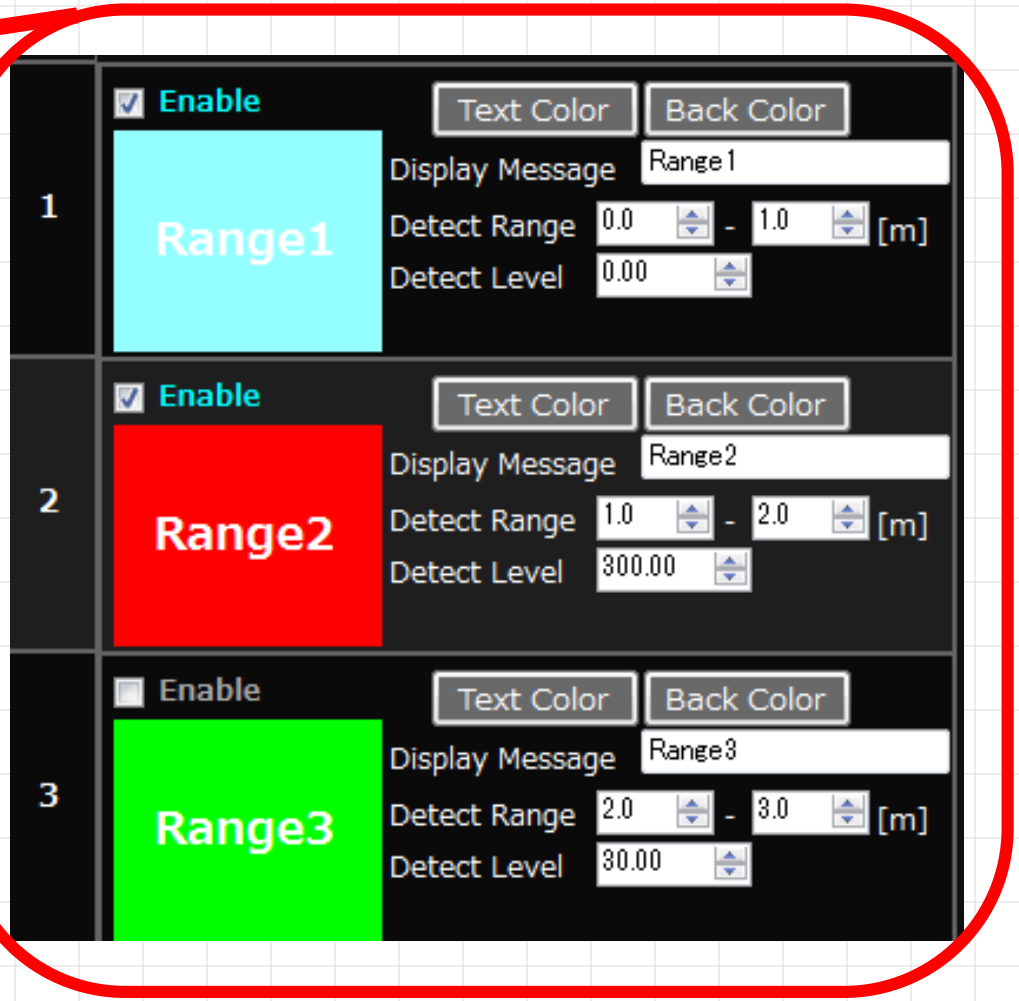
展示ホール　Booth No. E42にて出展中

パラメータ設定



距離判定 設定画面（ Judge ）





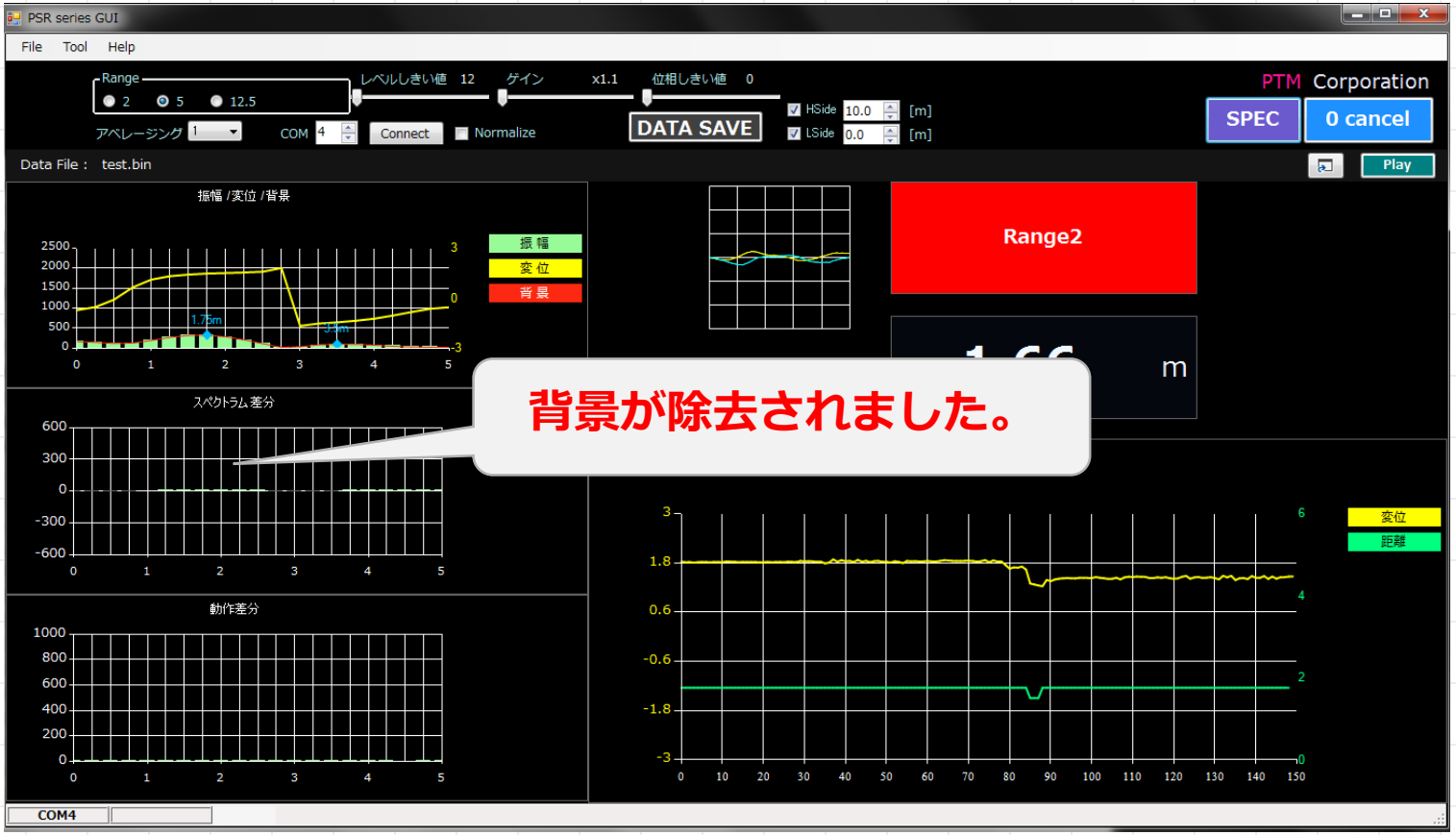
展示ホール　Booth No. E42にて出展中

スペクトラムキャンセル差分の動作

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

スペクトラムキャンセル差分の動作

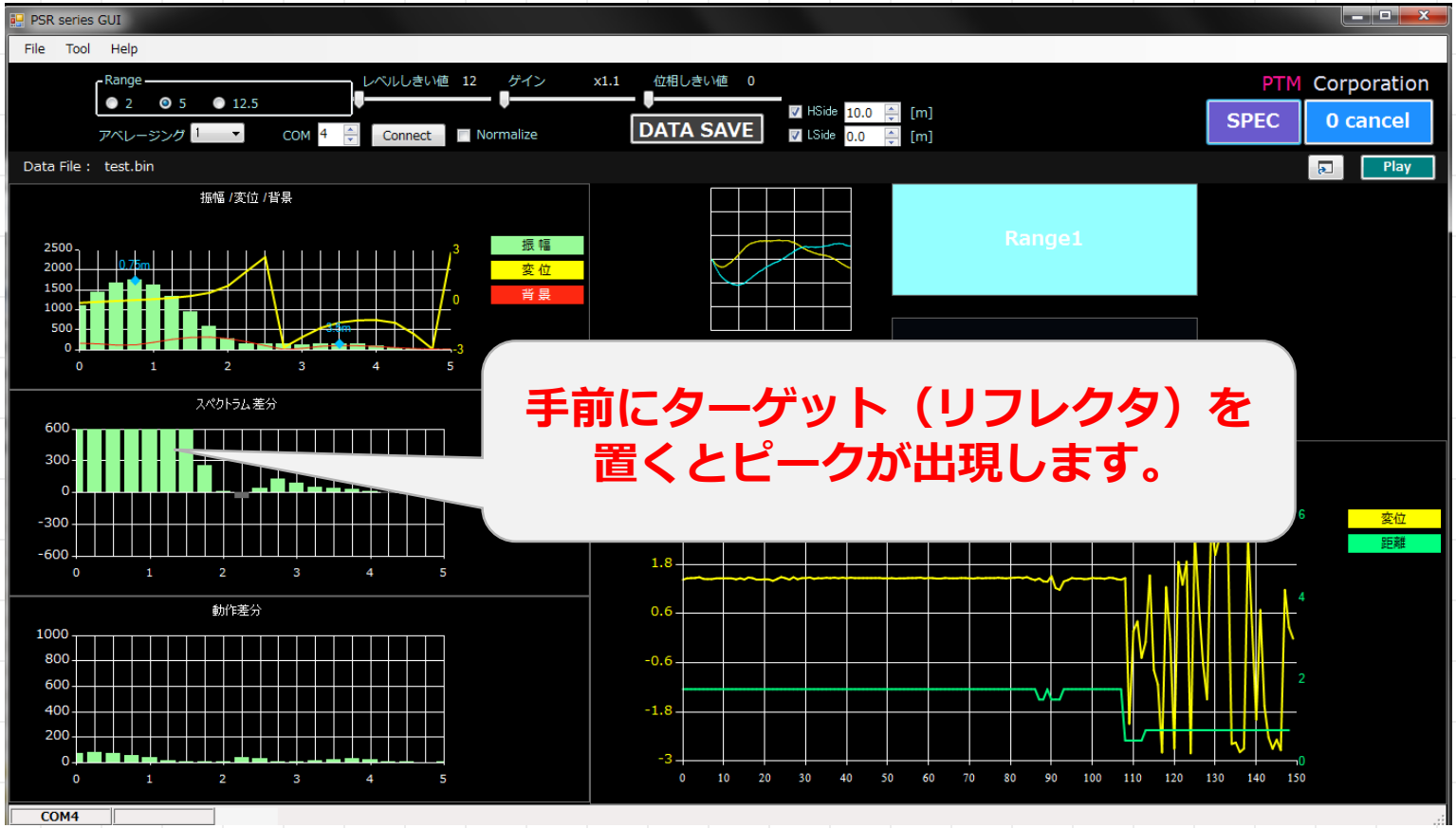
実行後（背景が除去された）



展示ホール　Booth No. E42にて出展中

スペクトラムキャンセル差分の動作

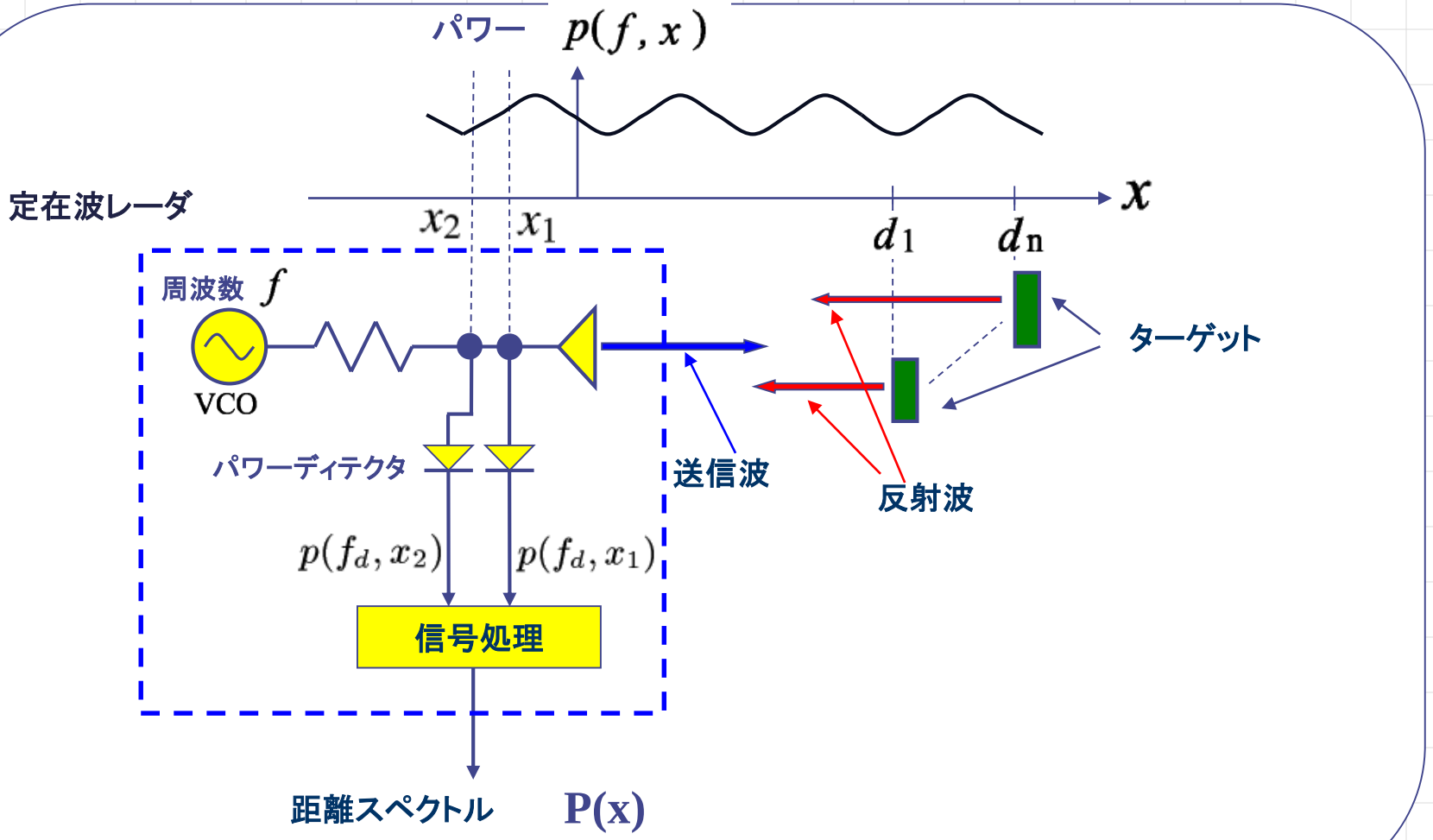
スペクトラム差分実行後に70cmの所に障害物を設置



展示ホール　Booth No. E42にて出展中

構成と測距原理

- 改良型複数検波タイプ



送信波と反射波

◆ **送信波**

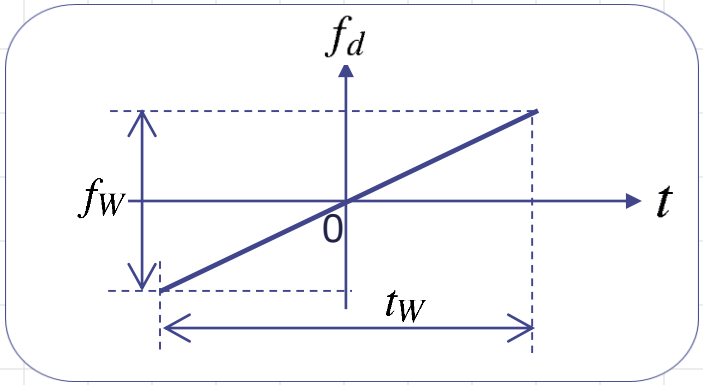
$$V_T = Ae^{j2\pi \int f(t-\frac{x}{c})\mathrm{d}t} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

A ：信号源の振幅

c ：光速

f ：周波数 $\Rightarrow$

$$\begin{cases} f(t) = f_0 + f_d \\ f_d = \dfrac{f_W}{t_W} t \end{cases}$$



◆ **反射波**

$$V_{Rk} = A\gamma_k e^{j\phi_k} e^{j2\pi \int f(t-\frac{2d-x}{c})\mathrm{d}t} \qquad \cdots (2)$$

γ_k ：反射係数の大きさ　　ϕ_k ：反射係数の位相

◆ **合成波のパワー**

$$p(f_d, x) = \left| V_T + \sum_{k=1}^{n} V_{Rk} \right|^2 \qquad \cdots\cdots (3)$$

送信波と反射波の合成

- $x = x_s$ で観測される合成波のパワー

$\gamma_k \ll 1$ のとき

$$p(f_d, x_s) \approx$$

$$A^2 \left\{ 1 + \sum_{k=1}^{n} \gamma_k^2 + 2 \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \cos\left(\frac{4\pi f_d}{c}(d_k - x_s) + \frac{4\pi f_0}{c}(d_k - x_s) - \phi_k \right) \right\} \cdots (4)$$

送信波のパワー

全反射波のパワー

干渉によるパワーの変化分

各ディテクタの出力信号

- $x_1 = 0$ の位置に置かれたディテクタの出力

$$p(f_d, 0) = A^2 \left\{ 1 + \sum_{k=1}^{n} \gamma_k^2 + 2 \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \cos \left(\frac{4\pi (f_0 + f_d) d_k}{c} - \phi_k \right) \right\}$$

- $x_2 = -\frac{\lambda}{8}$ $\left(\text{ただし、} \lambda = \frac{c}{f_0}\right)$ の位置に置かれたディテクタの出力

$$p(f_d, -\frac{\lambda}{8}) = A^2 \left\{ 1 + \sum_{k=1}^{n} \gamma_k^2 - 2 \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \sin \left(\frac{4\pi (f_0 + f_d) d_k}{c} - \phi_k \right) \right\}$$

解析信号

- f_d で微分

$$-p_{diff}(f_d, 0) = 2A^2 \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \frac{4\pi d_k}{c} \sin\left(\frac{4\pi(f_0 + f_d)d_k}{c} - \phi_k\right)$$

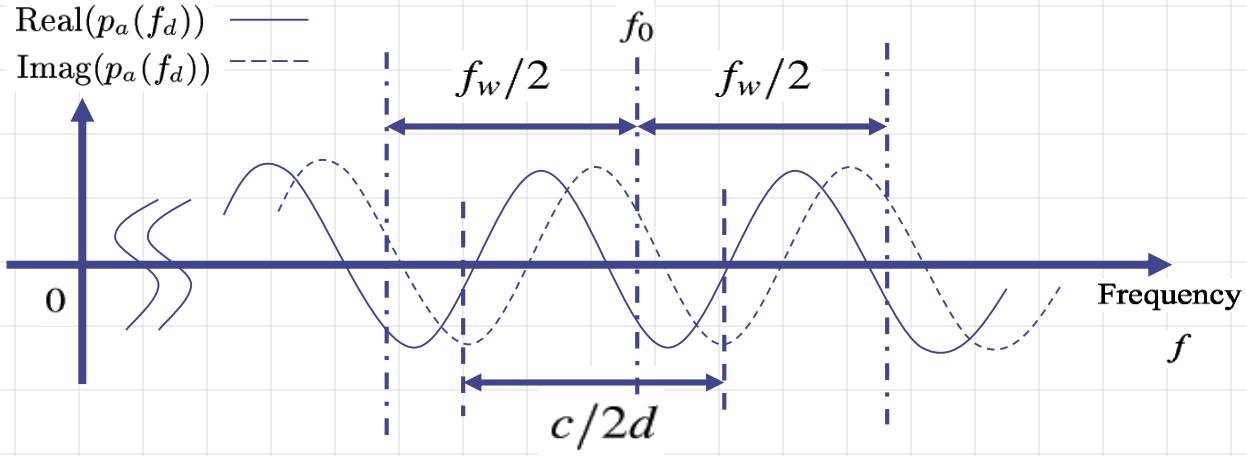
$$-p_{diff}(f_d, -\frac{\lambda}{8}) = 2A^2 \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \frac{4\pi d_k}{c} \cos\left(\frac{4\pi(f_0 + f_d)d_k}{c} - \phi_k\right)$$

- 解析信号

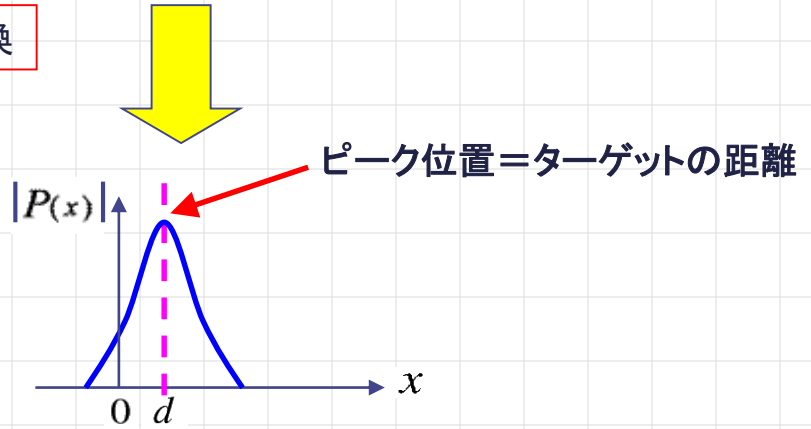
$$p_a(f_d) = -p_{diff}(f_d, -\frac{\lambda}{8}) - j\, p_{diff}(f_d, 0)$$

$$= 2A^2 \left\{ \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \frac{4\pi d_k}{c} e^{j\left(\frac{4\pi(f_0+f_d)d_k}{c} - \phi_k\right)} \right\}$$

解析信号と距離スペクトル



フーリエ変換



距離スペクトル

$$P(x) = \int_{-f_w/2}^{+f_w/2} p_a(f_d) e^{-j\frac{4\pi x f_d}{c}} df_d = 2A^2 f_w \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \frac{4\pi d_k}{c} e^{-j\phi_k} e^{j\frac{4\pi f_0}{c} d_k} Sa\left(\frac{2\pi f_w}{c}(x - d_k)\right)$$

ただし、$Sa(z) = \dfrac{\sin(z)}{z}$

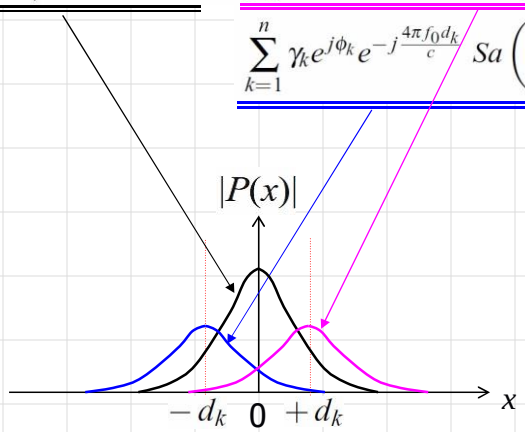
近距離測定における問題点

分離分解能（例えば帯域幅75MHzの時：2m)は従来型FM-CW方式では最小レンジでもあり、いわゆるデッドゾーンとして不感エリアとされている。

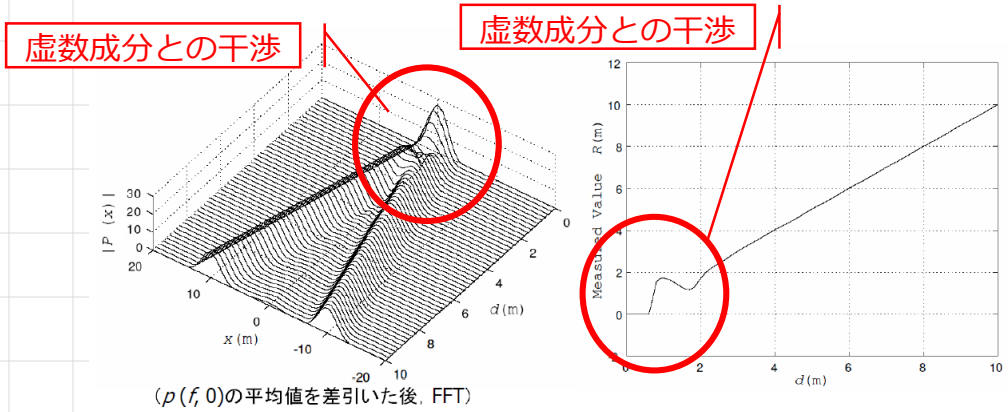
今回の開発で採用した方式（新型定在波レーダ）は送信波にリニアFM変調を架けて反射波との干渉を解析するアプローチである。

近距離測定での最大の問題は、最小レンジ以下の時、負側に生じる虚信号（アオ）が本来得たい正側の実信号（マゼンダ）と干渉を起こすことにある。（分離分解能以下なので分離が不可能）

$$P(x) = A^2 f_W \left\{ \left(1+\sum_{k=1}^{n}\gamma_k^2\right) Sa\left(\frac{2\pi f_W}{c}x\right) + \sum_{k=1}^{n}\gamma_k e^{-j\phi_k} e^{j\frac{4\pi f_0 d_k}{c}} Sa\left(\frac{2\pi f_W}{c}(x-d_k)\right) + \sum_{k=1}^{n}\gamma_k e^{j\phi_k} e^{-j\frac{4\pi f_0 d_k}{c}} Sa\left(\frac{2\pi f_W}{c}(x+d_k)\right) \right\}$$



■ 計算条件 ：f_0=24.1GHz , f_W=75MHz



（$p(f, 0)$の平均値を差引いた後，FFT）

極至近（=0m)からの測距

直流成分を除去し、cos成分（虚信号）を解析信号に変換して目的の成分を抽出する事でリニアに極至近（= 0m)からの計測を可能にした。

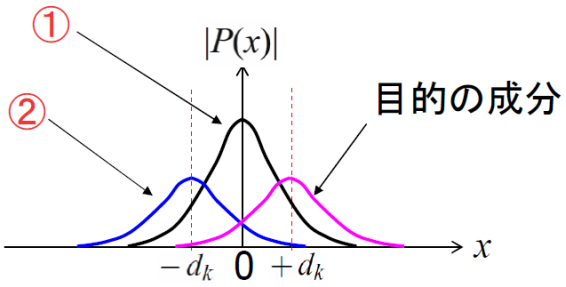
また、本来FFTによる解析では最小レンジがsin波1周期を形成する条件でもあり、最小レンジ以下ではsin波が形成されていないので解析が不可能である。

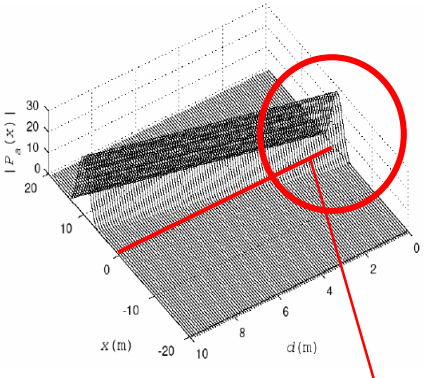
これについても、90°位相シフトされた波形を観測する事により（4点サンプルがあればsin波の推定は可能）分離分解能（最小レンジ）以下の計測を可能にした。

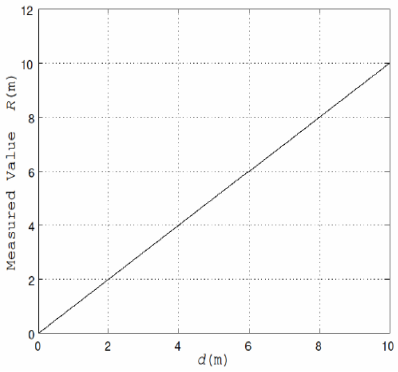
この手法により周波数分解能（距離分解能）は見かけ上、電波法の規制の中でも 0.25mピッチであり、同条件の従来型FM-CWに対し4倍の解像度を得られている。

今回の開発では、長距離検知や有効反射率の小さな検知目標の評価も視野に入れて高周波部がアンプ内蔵型になっている。この時、DCの除去はシミュレーション通りに行かない事もあり、理論上0.25m、規格を0.3mにした。

- ①を除去：直流分を除去
- ②を除去：$p(f_d, x_s)$ …(4) の cos成分を複素正弦波（解析信号）に変換

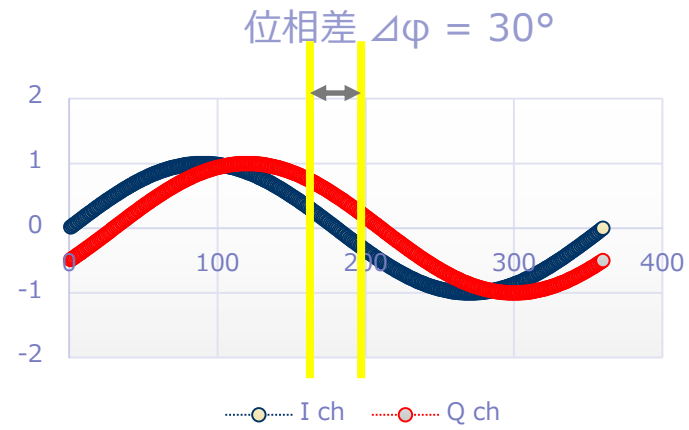


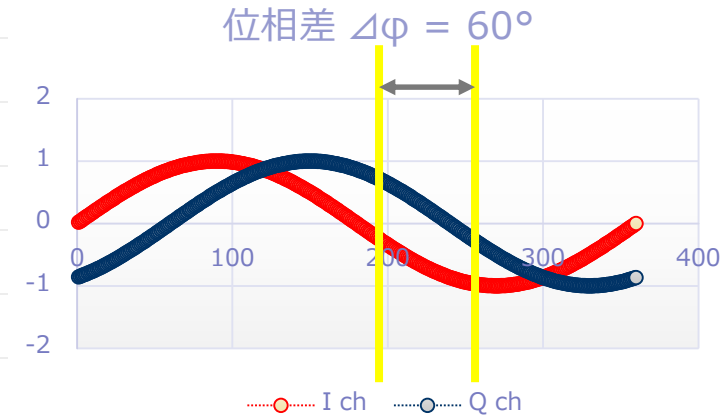




0m(極至近）の計測

微小変位計測について





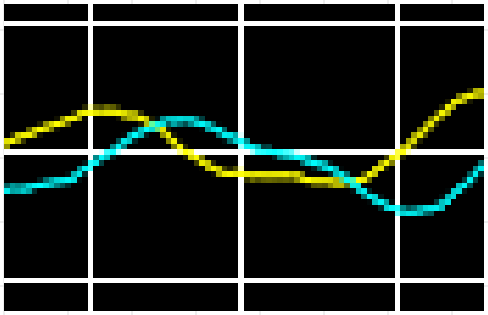
- 位相差が0の時を 変位値 0とする。

- 位相差が30°の時は　6mm(変位max)　x (30°/ 180°) = 1mm
- 位相差が60°の時は　6mm(変位max)　x (60°/ 180°) = 2mm
- 位相差が120°の時は　6mm(変位max)　x (120°/ 180°) = 4mm

・
・

として最大6mm(+/-3mm)までの計測が可能。

※　正確には 変位max は λ/2 = 6.13mm max)である。

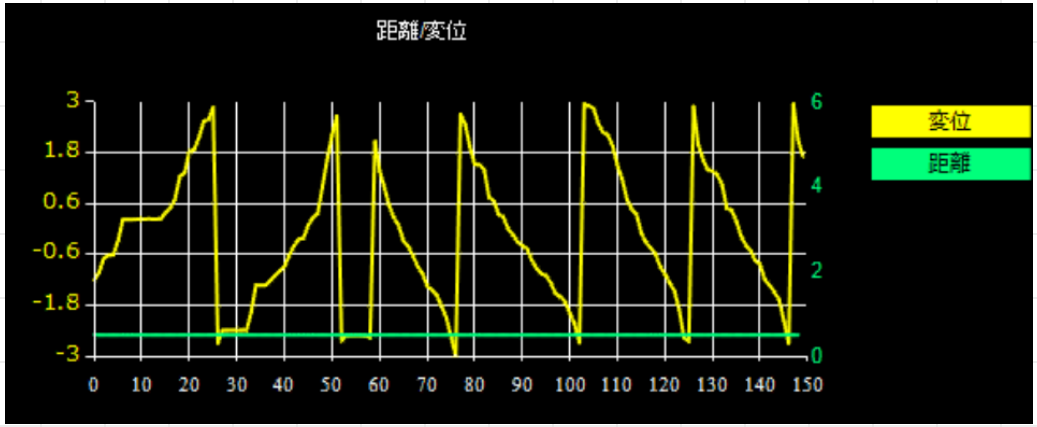


実際のIF波形計測例

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

微小変位計測について

スペクトルはベクトル値であり、距離スペクトルと位相スペクトルを求めて処理を行う。
距離スペクトルを距離ごとに縦軸に振幅をプロットしたものがAスコープ（絶対距離表示）
そして各スペクトル毎に位相スペクトルは変位を表している。
左グラフの黄色いラインがそれをプロットしたものである。
同じ距離上で微小に変位させると位相は大きく変化する。



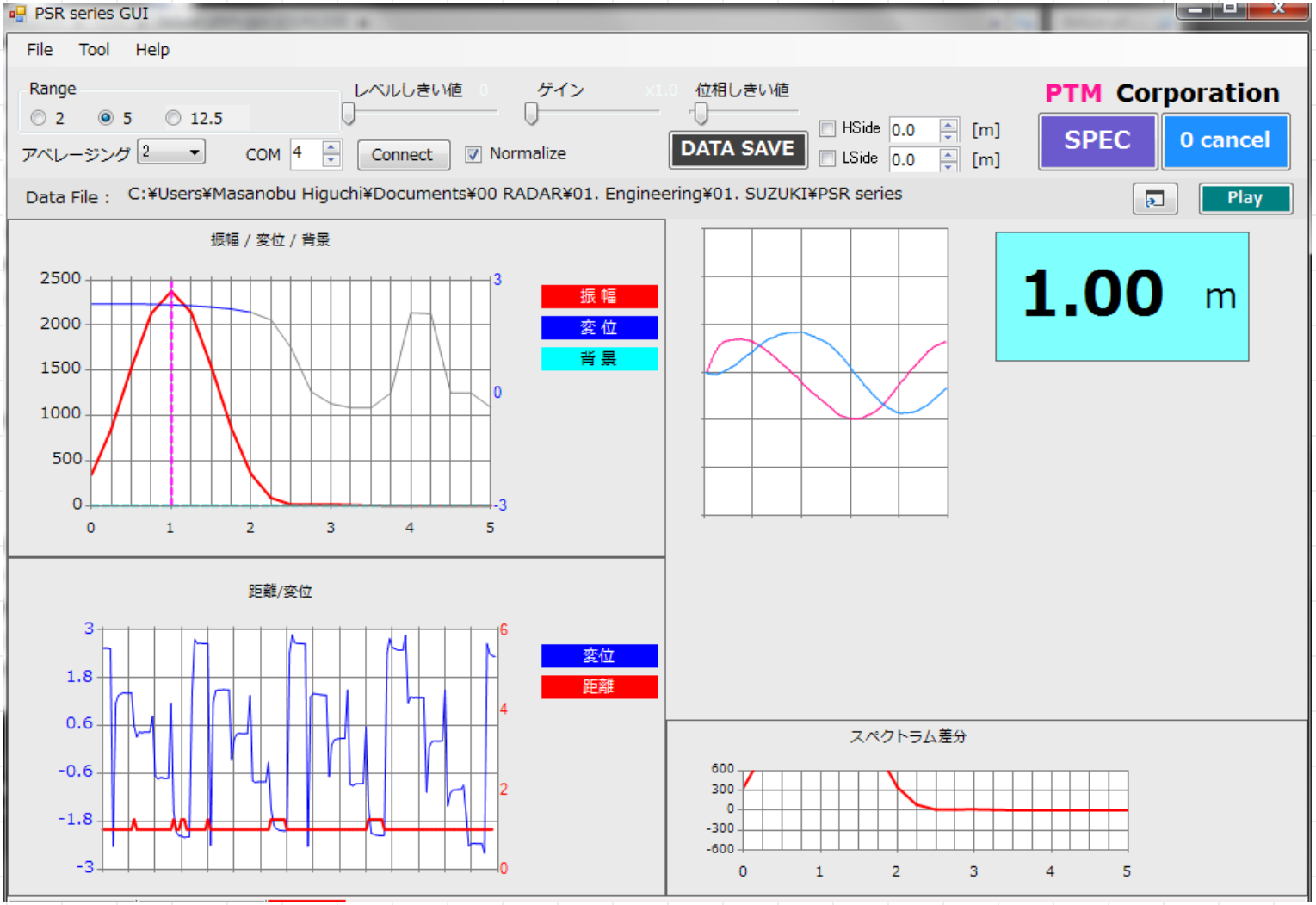
グラフは時間領域において、距離（緑；右縦軸）は一定、微小変位（黄色：左縦軸）が50 charp分までを境に移動方向が変わっている様子。
位相差180°相当の所でラッピングされている。（元に戻る）

微小変位計測（呼吸の検知） 動作実験

1）　無呼吸~呼吸

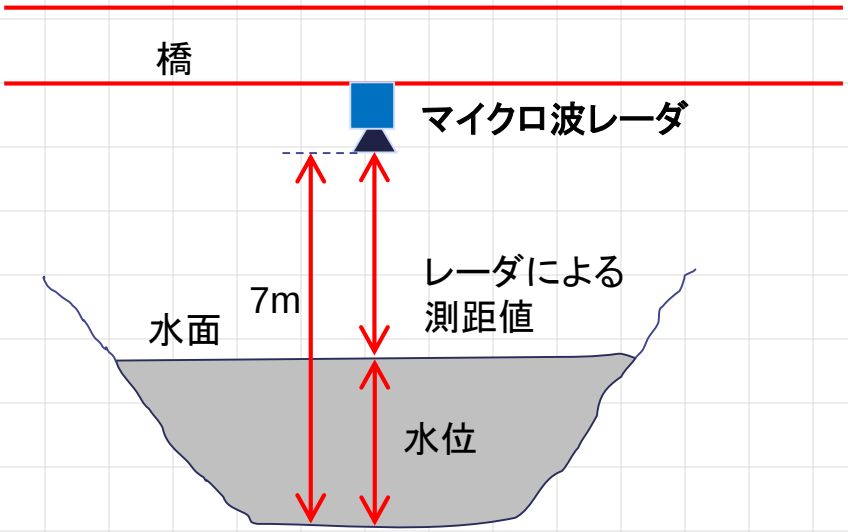
2）　照明器に搭載した製品
　　呼吸有無判定

レベル計向けの評価用GUI

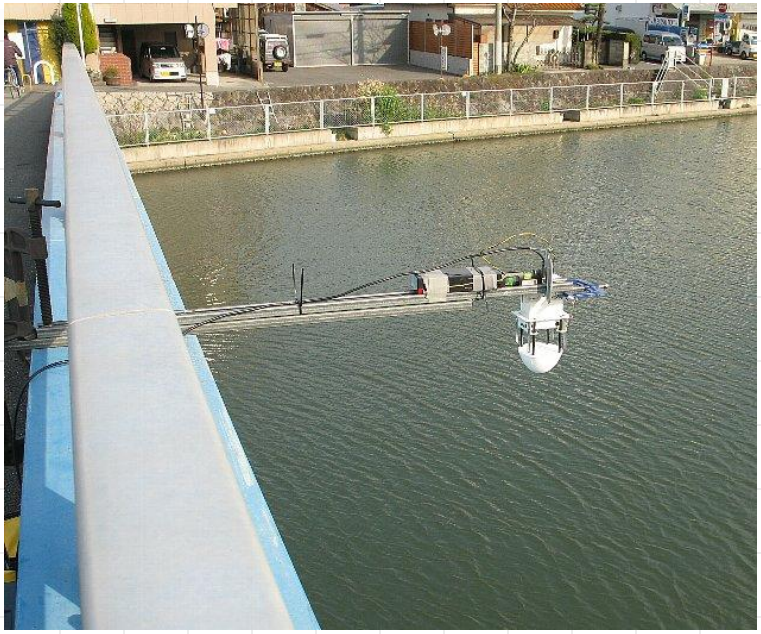


展示ホール　Booth No. E42にて出展中

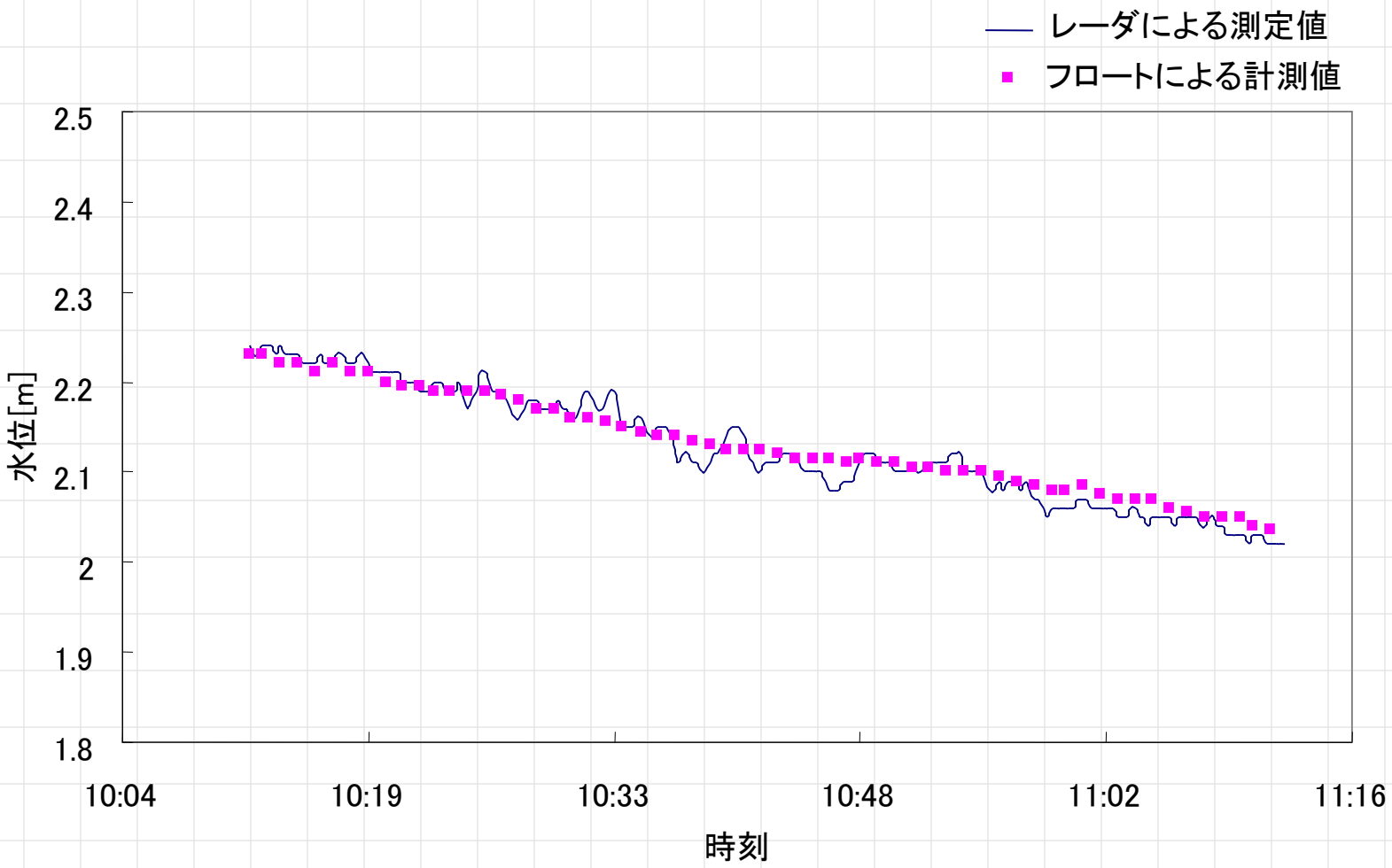
水位計測



水位 = 7m ー レーダによる測距値



水位の実測結果


レーダによる測定値
フロートによる計測値
水位[m]
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2
1.9
1.8
10:04
10:19
10:33
10:48
11:02
11:16
時刻

PSR148　長距離検知の実験

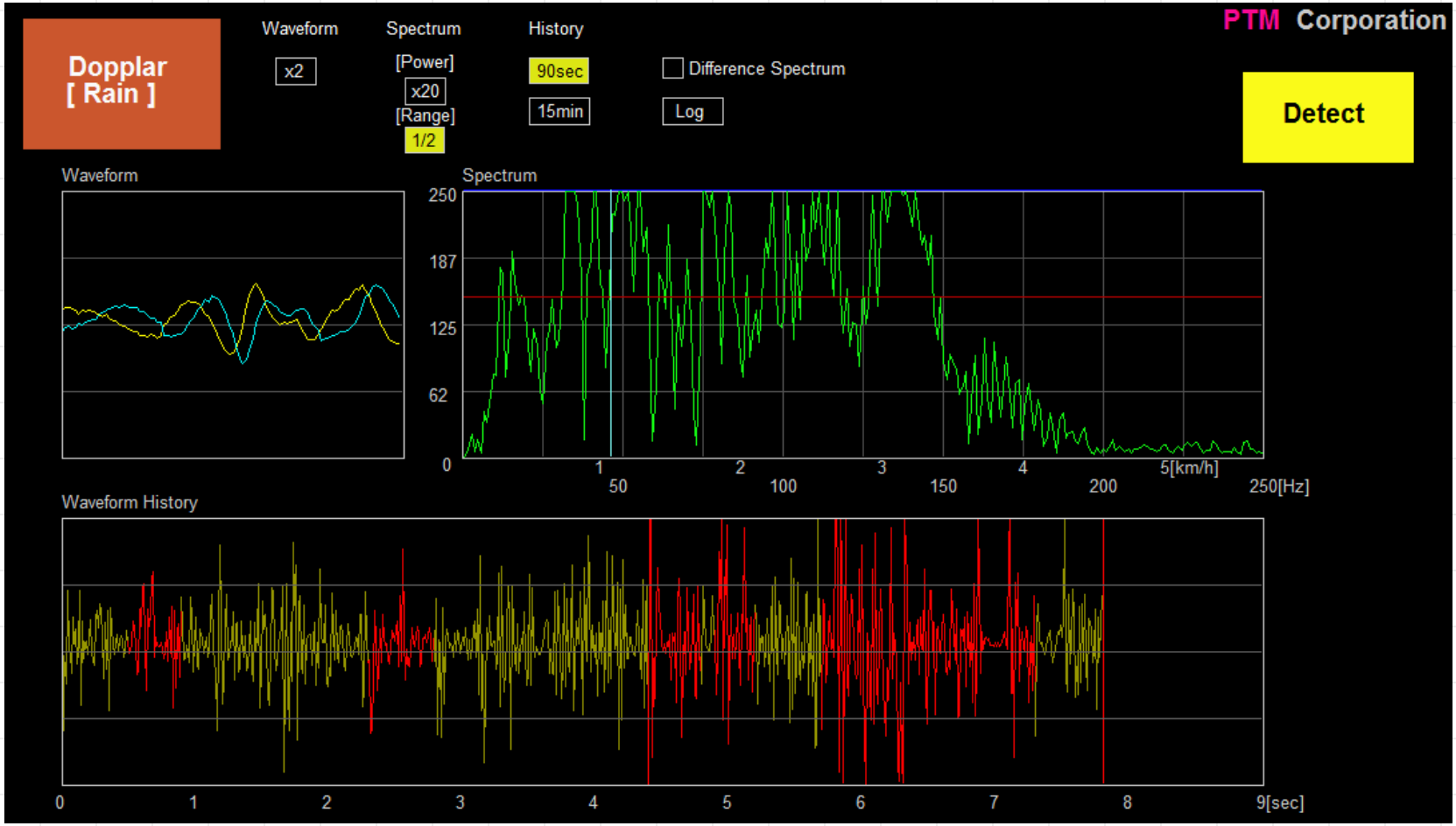
100m先から検知している。

PSR148
定在波レーダ

目項	様 仕	備 考
域帯数波周	24.05～24.25GHz	拠準法波電
幅域帯有占	200MHz (150MHz typ)	ご要望に応じたモディファイ可能
力電力出波信送	4mW　@25℃	20dBm(typ) EIRP
ビーム幅	水平方向　12°	半値幅(HPBW)
	垂直方向　25°	半値幅(HPBW)
サイドローブ抑圧	水平方向　15 dB	
	垂直方向　15 dB	
アンテナ仕様	素子長λ/2　30子素 ナテンアチッパ得利高	型離分受送

動体検知（CWドップラー）

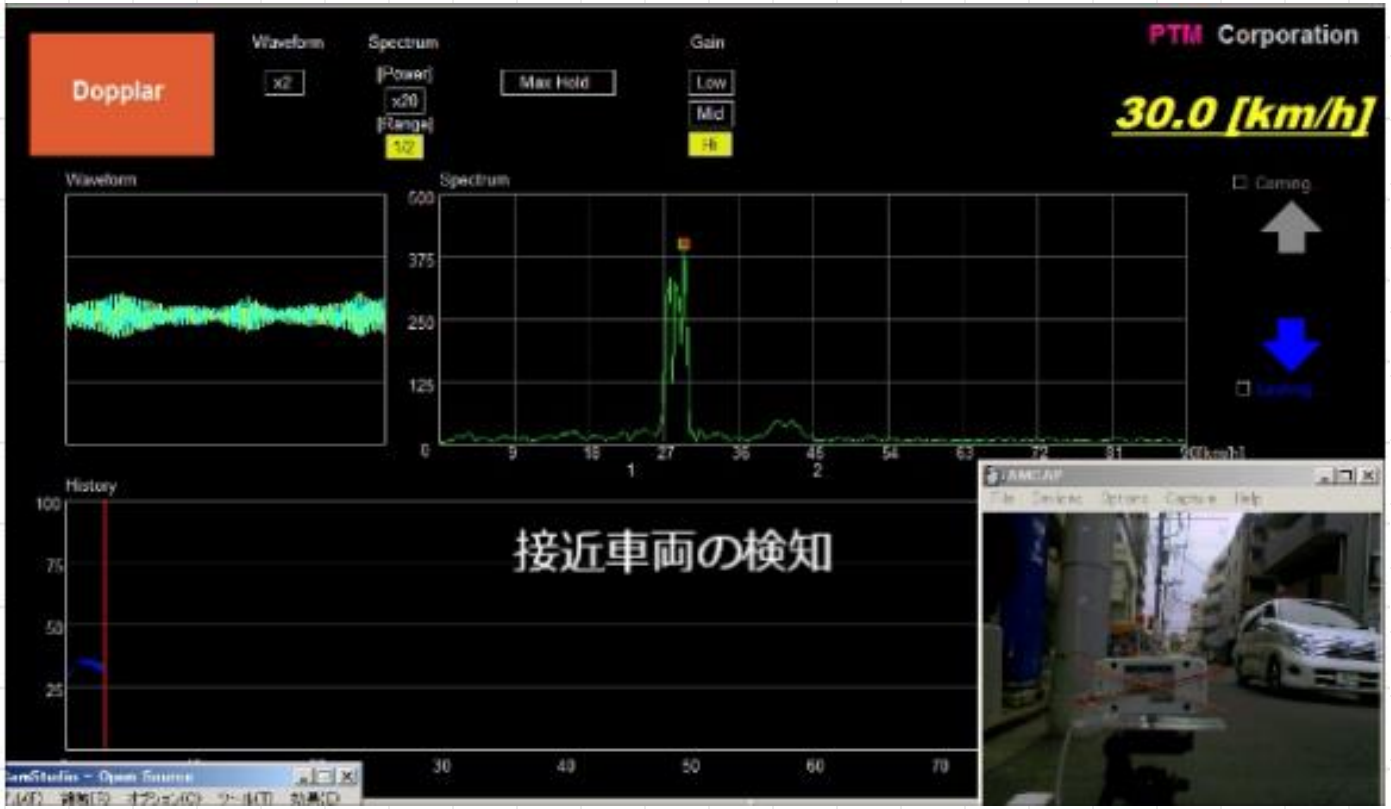
評価キットGUI　；　モーションセンサー



アプリケーション 事例；　低速ドップラーモード（生体反応）

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

CWドップラー　公道実験（PSR162）



PSR162 CW駆動

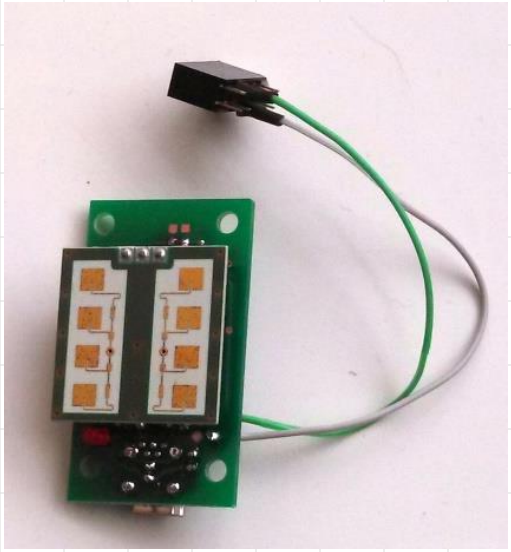
目項	様 仕	備 考
域帯数波周	24.05～24.25GHz	拠準法波電
幅域帯有占	200MHz (150MHz typ)	ご要望に応じたモディファイ可能
力電力出波信送	15dBm(typ) EIRP	15dBm(typ) EIRP
ビーム幅	向方平水45°	向方平水45°
	向方直垂38°	向方直垂38°
サイドローブ抑圧	向方平水13 dB	向方平水13 dB
	向方直垂13 dB	向方直垂13 dB
アンテナ仕様	子素長 λ/2 16子素	型離分受送

低価格モジュール　IPM-165 モーションディテクト（人感センサー）

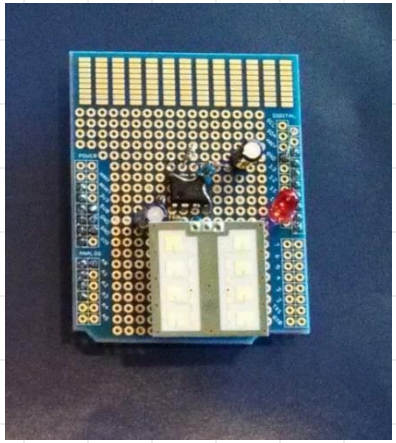
PTM Corp.
Define & Design support

IPM-165 + 小型DSP
USB付き

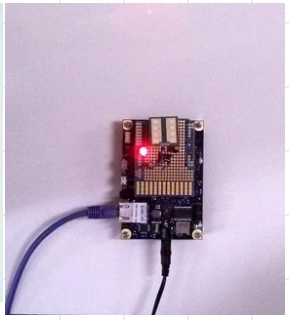
IPM-165 + 小型DSP
接点出力（GPIO）



シールド基板への実装

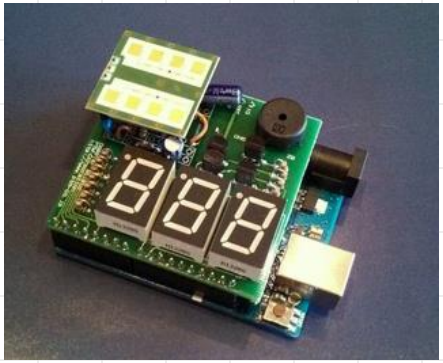


Galileo

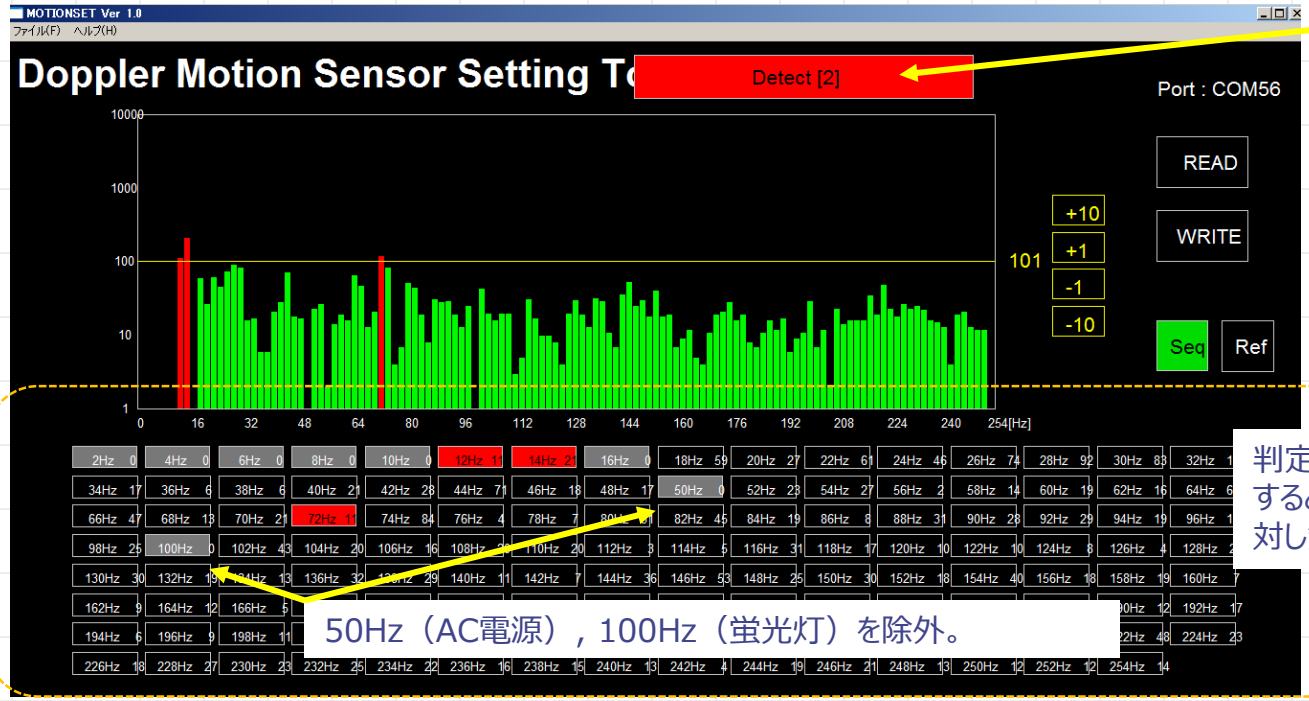


Raspberry PI

Arduino



パラメータ設定 ツール



判定件数　1/2/3本選択

画面上部のDetect枠が、指定した本数の検出で赤塗になります。
この枠をクリックすると、その都度判定に使う本数が1-2-3で
トグルします。

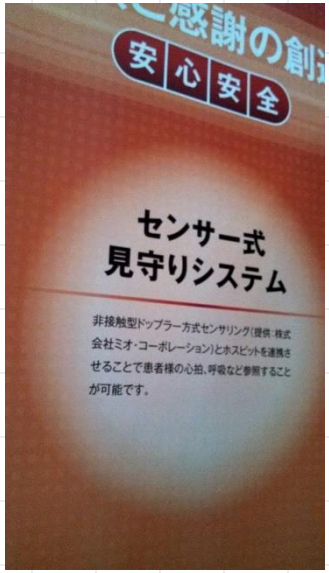
判定条件から除外したい周波数をクリックするとグレーの表示になり、以降は判定に対し無効となる。

50Hz（AC電源），100Hz（蛍光灯）を除外。

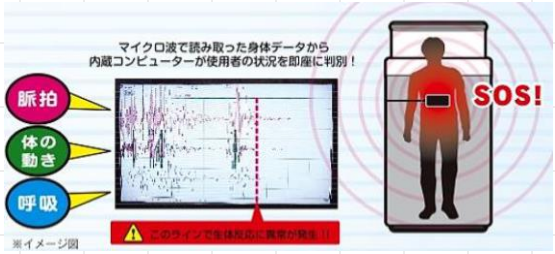
Motion Sensor Setting Tool

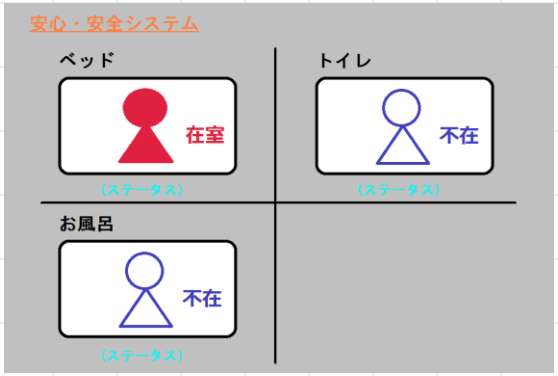
- Read ボタン：センサの状況を読み取り
- Writeボタン：現在の設定(しきい値と各周波数のON/OFF)をセンサに書き込み
- +10,+1,-1,-10ボタン：しきい値の変更。Readボタンでセンサのしきい値を読み込んでいる。
- Seqボタン：4秒に一度Readボタンを押すのと同じ動作を繰り返す。その都度、exeファイルと同じディレクトリに時刻名のログファイルを自動生成
- Refボタン：センサ内部のリファレンスを差分した値を取得。OFF時にはセンサのFFTの生値
- メニューの保存：その時に表示されている内容を保存。上のSeqのログファイルと同一フォーマット
- メニューの読込 ：ログファイルを読み込んで表示する。そのままWriteボタンを押せば、センサにパラメータを指定できる。

製品化事例



ベッドマップから患者のIDをクリックすると、実況の映像や患者情報（「この人は車椅子」とか「動いてはいけない（認知症。徘徊など）人」などの情報と同時にモニタ出来る。





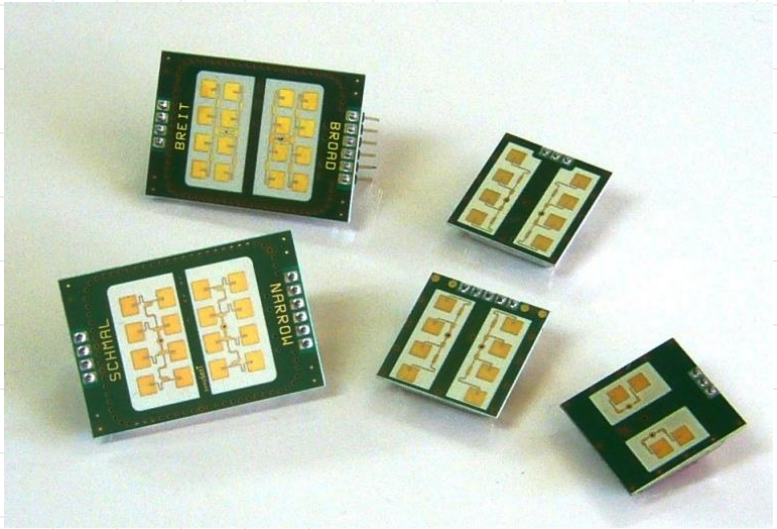
まとめ　24GHz レーダ評価キット　シーンに応じた機能の確認

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μm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） 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。	CWドップラー
	静止物検知により離床、就寝などを判定。 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。	定在波レーダ
省エネセンサ	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

展示ホール　Booth No. E42にて出展中

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

Email; sales@ptm-co.jp

展示ホール　Booth No. E42にて出展中