



Define & Design support

Microwave Workshops & Exhibition

**MWE 2024**

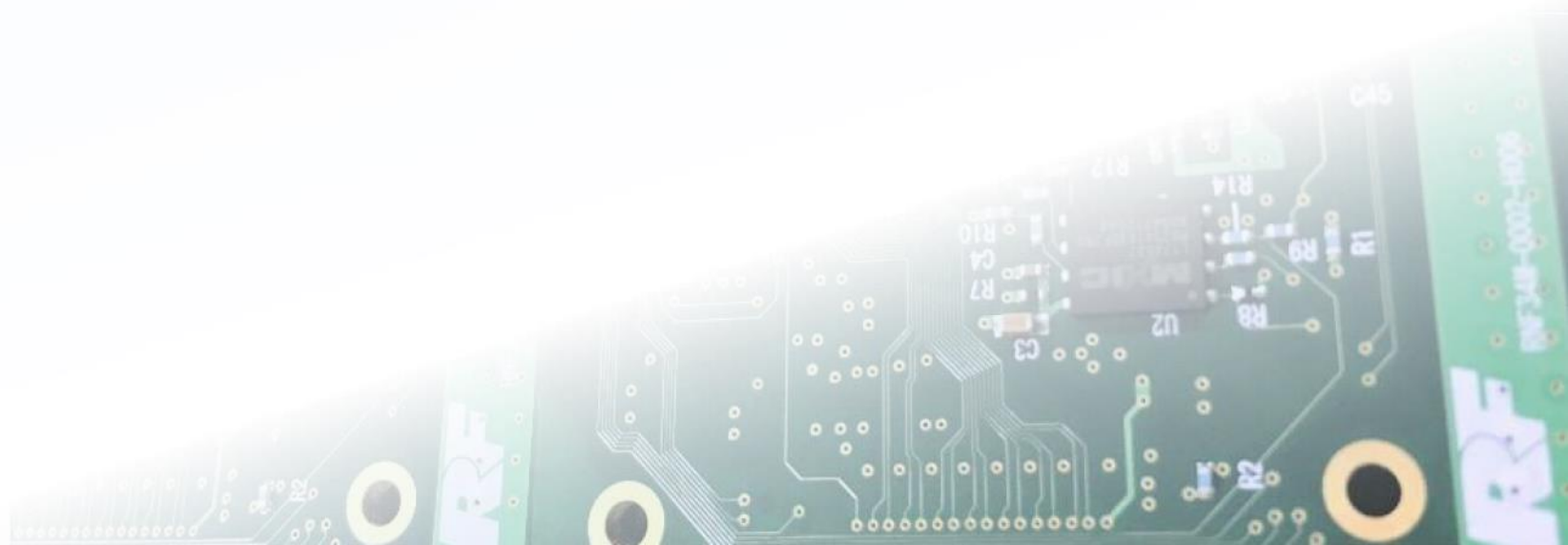
Nov.27-29, 2024, Pacifico Yokohama, JAPAN

# 進化するミリ波レーダー 社会実装への挑戦

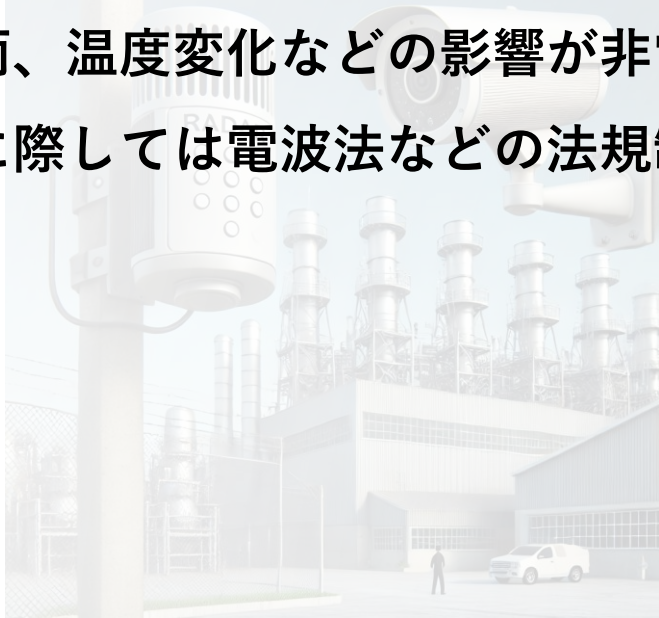
*Evolving mmW Radar Technology  
Challenges in Social Implementation*

ピーティーエム株式会社

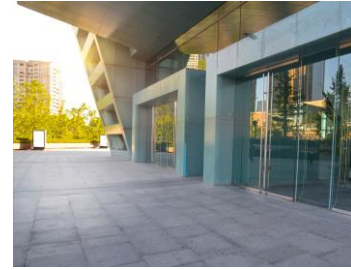
- ミリ波レーダーの特徴
- アプリケーション事例
- 計測パラメータ
- 60GHz 移動体検知センサー WIZ-1
- ローコストミリ波レーダーIC BGT60TR13C
- 位相モノパルスによるAOA検知（方位・仰角）
- バイタルセンシング・高精度在不在検知
- WIZ-1-GUI
- アンラッピングフェイズと位相感度
- 生体ファントムによる実験
- オフライン実証試験
- PPG vs. WIZ-1 データ比較
- 会社案内



- 高分解能のため心拍や呼吸などの微小な生体信号も検出可能
- 赤外線センサなどと異なり静止している人も検出でき、非画像なためプライバシーも保護できる。
- 物質を透過するので障害物があっても測定可能。壁面や天井への埋設が可能
- また筐体への格納により素子は露出しないので安心
- 対環境への高いロバスト性があり、太陽光や暗闇などの光の影響を受けない。
- 霧・降雨、温度変化などの影響が非常に少なくシステム設計に貢献
- 製品化に際しては電波法などの法規制や高周波や無線など技術的知見を必要とする。



各種自動運転車両、AGV（無人搬送車）、衝突防止、ドローン搭載  
高精度測距（水位などレベル計）



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  
高機能自動ドア、入退出人数カウント



店舗や商業施設向け人流動線分析モニタ  
エアコン・ライティング向け スマートコントロール



在室・空室の高精度・高機能判定  
介護・福祉用途向け遠隔見守り・転倒検知  
非接触バイタルセンサ（睡眠分析、未病対策など）



## 原理上の物理諸元（システム設計における仕様化、評価及び検証）

原理諸元	設計要素	機能・性能
測距性能	周波数帯域幅	距離精度、分離分解能
振幅特性	アプリケーション依存	閾値設定
時定数特性	信号処理設計	静止障害物除去、微小変位検出
角度検知性能	ハードウェア設計	2D 方位検知、3D位置検出
微小変位計測特性	信号処理設計	バイタルセンシングへの応用

# 60GHz 移動体検知センサー

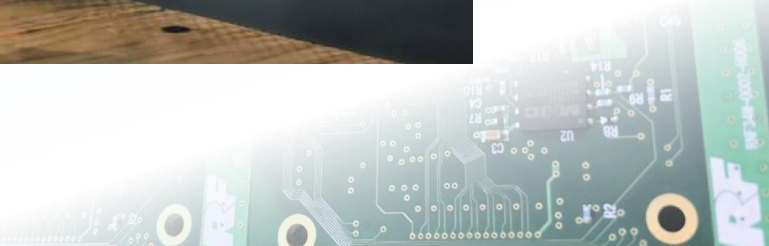
# WIZ-1

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。

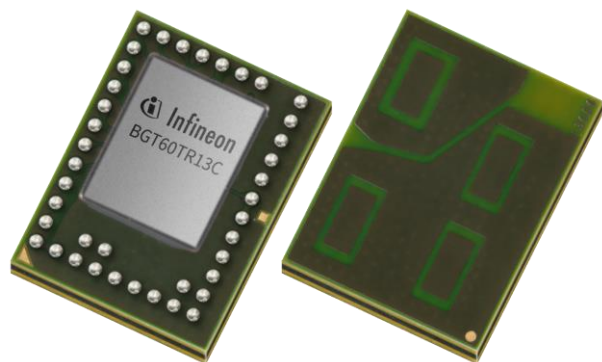
国内電波法技術適合審査取得

ARIB STD-T73 移動体検知センサー

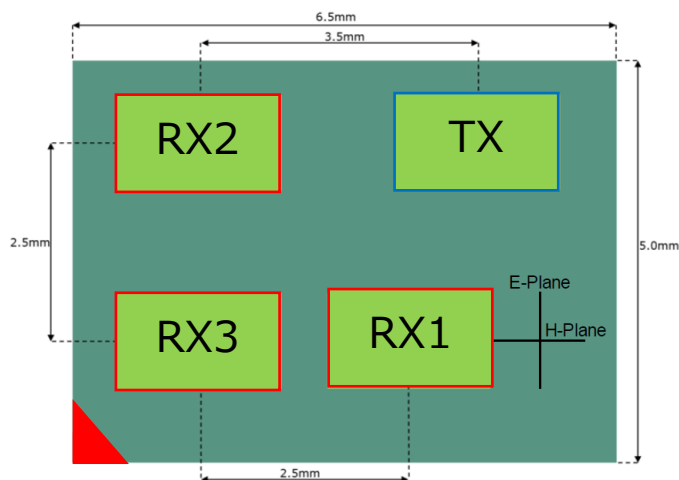
※ARIB STD-T48 ミリ波レーダ(オプションにて対応可能)



# アンテナ一体型ミリ波レーダーIC



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

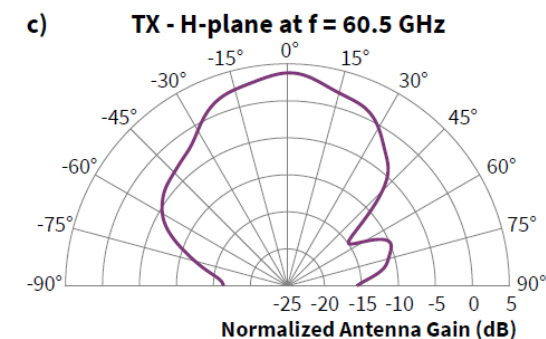
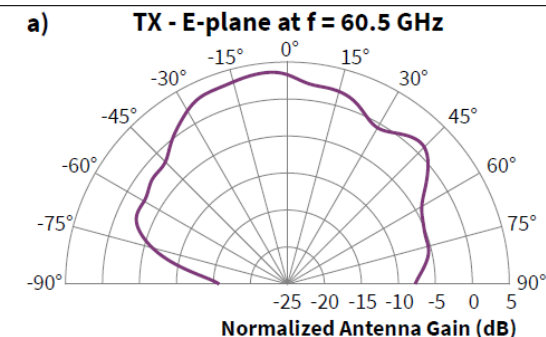


Package Dimension: 6.5 mm x 5.0 mm x 0.858 mm

アンテナ仕様	
周波数	60GHz
形状	$\lambda/2$ x1 素子平面アンテナ
空中線利得	5dBi typ
偏波	直線偏波

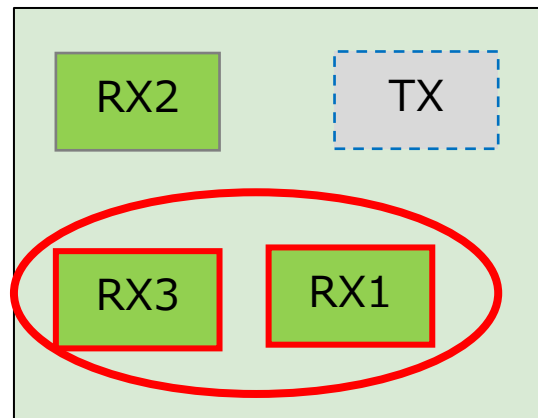
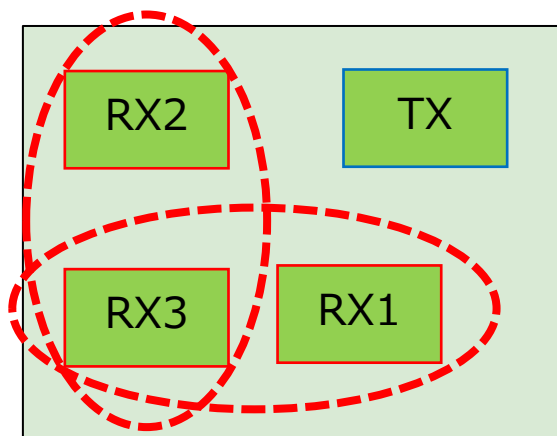
## Measurement results

### Radiation Pattern



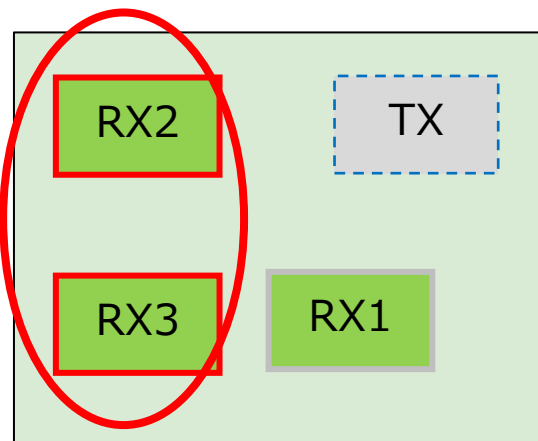
HPBW_TX_E	Deg	50	65	80
HPBW_TX_H	Deg	25	40	55

# 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。

**水平方向・方位角**



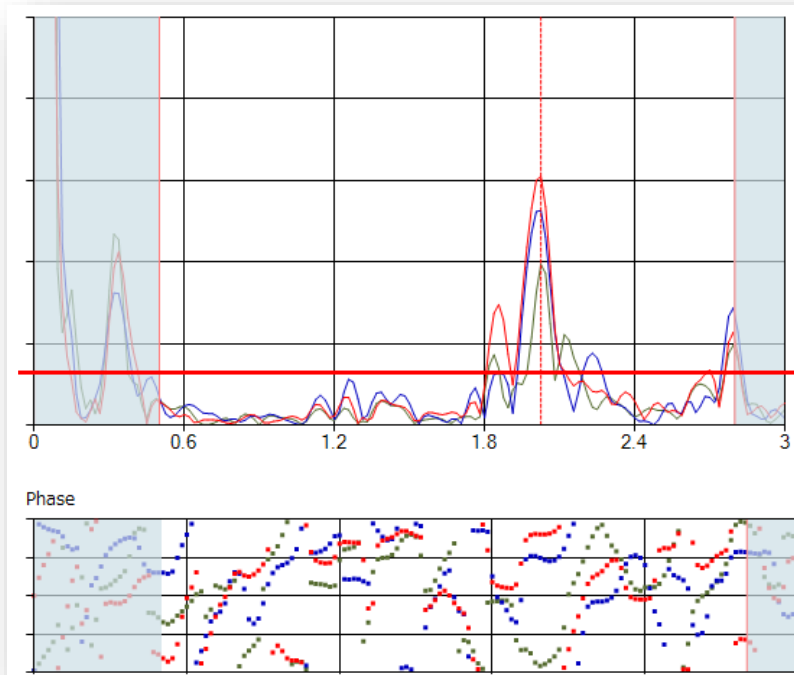
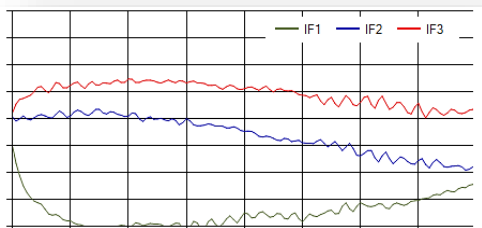
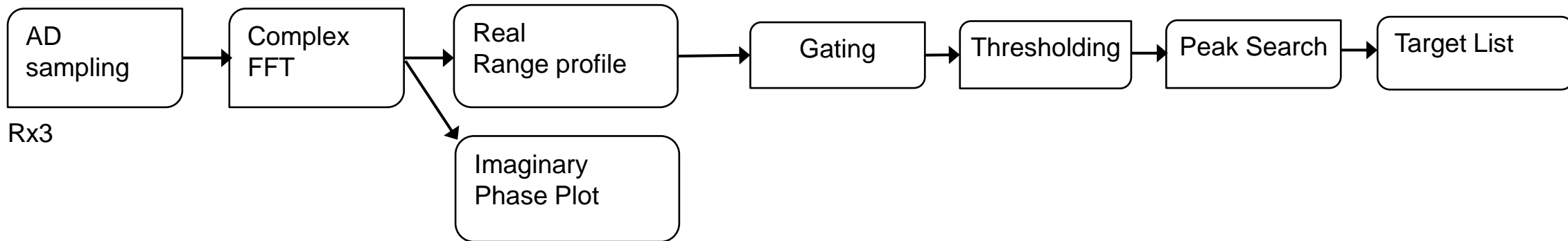
RX3 と RX2 の位相モノパルスにより  
仰角方向AOA（エレベーション）角度計算  
を実行する。

**垂直方向・仰角**

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

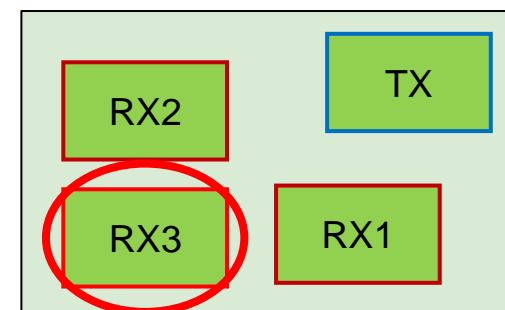


# 1次元測距のプロセス



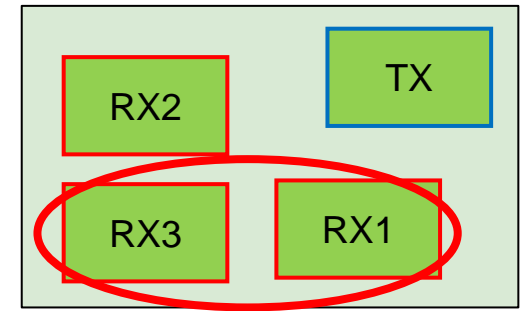
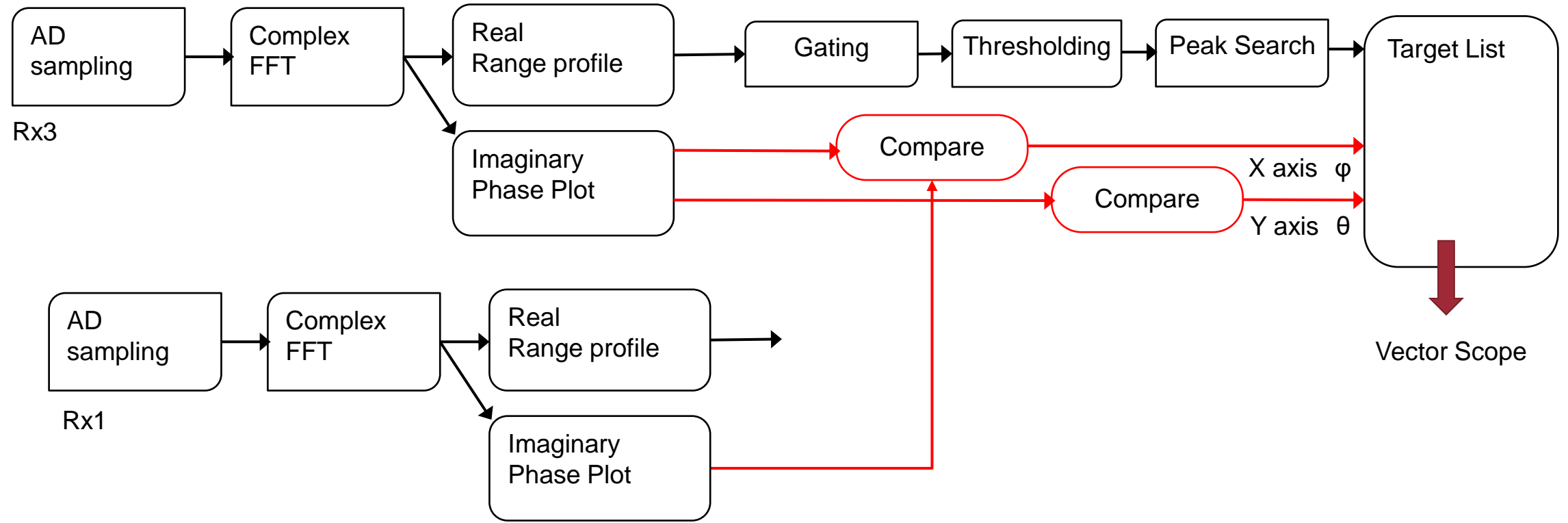
## Basic Distance Measurement

No.	Range(m)	Level	X <sup>最小化</sup>	Y
1	2.03	2951	-18.42	20.65
2	1.86	1897	10.99	18.11
3	2.79	1092	26.64	56.52
4	2.70	710	24.51	19.85



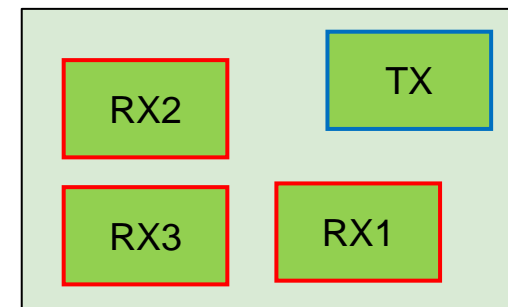
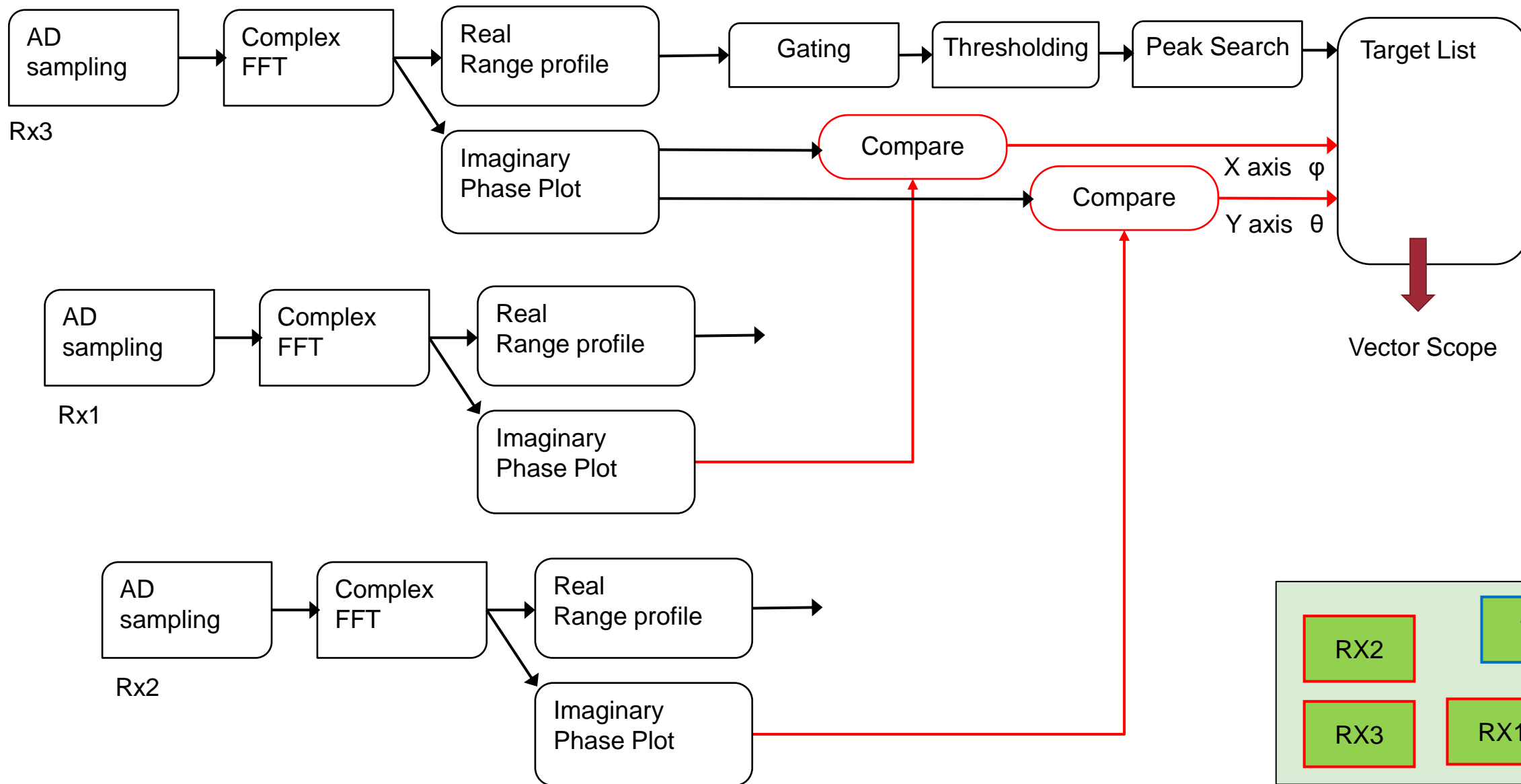
# 2次元 (角度検知及び測距)

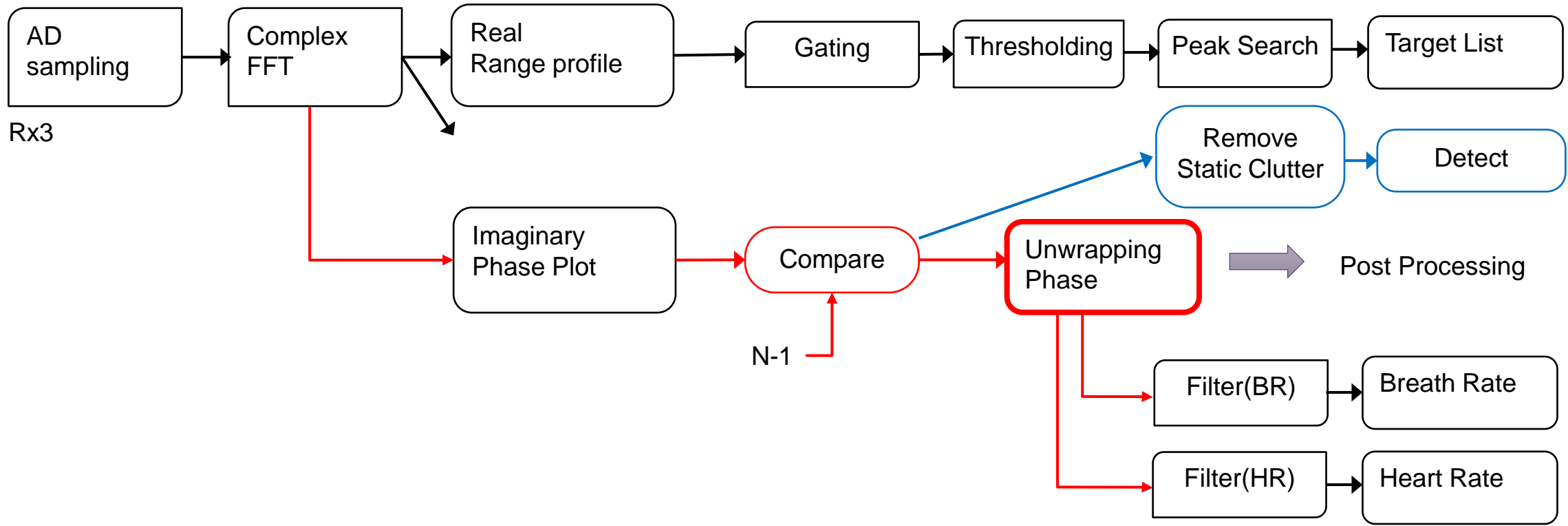
## 2D Azimuth Angle and Distance Measurement



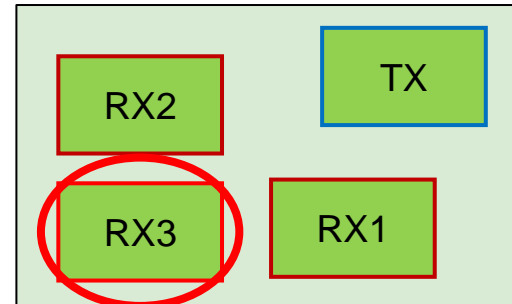
# 3次元 (水平・垂直・測距)

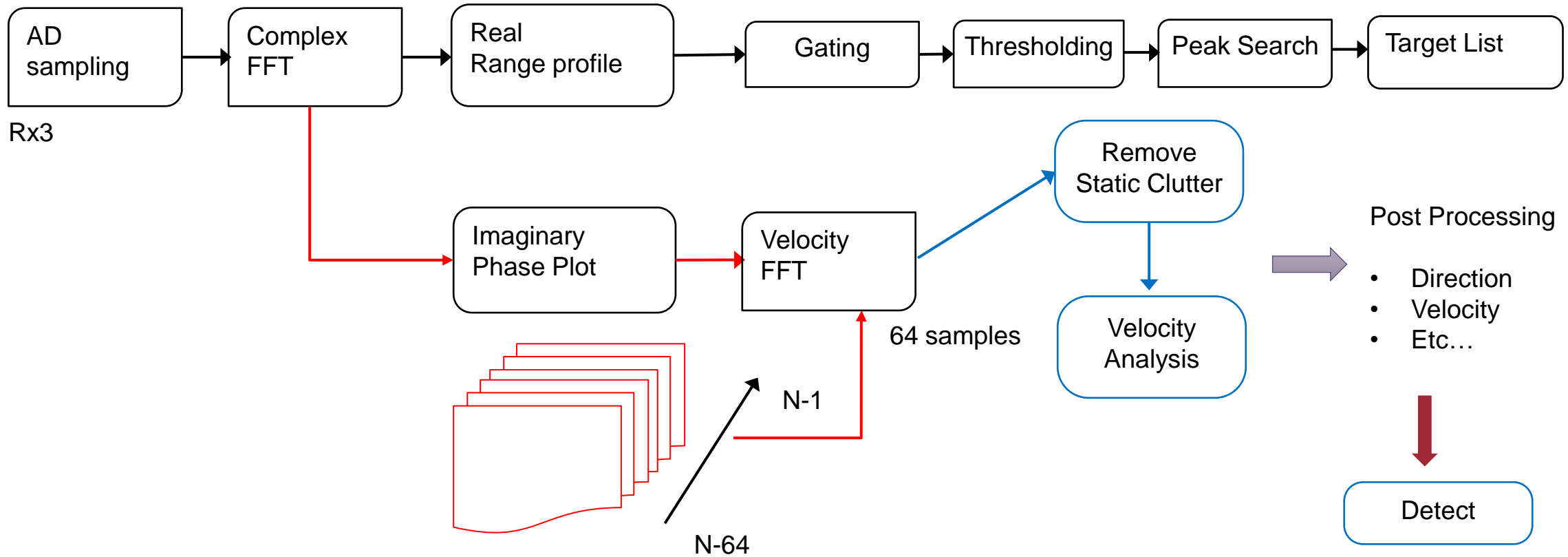
## 3D Az + El , Distance Measurement



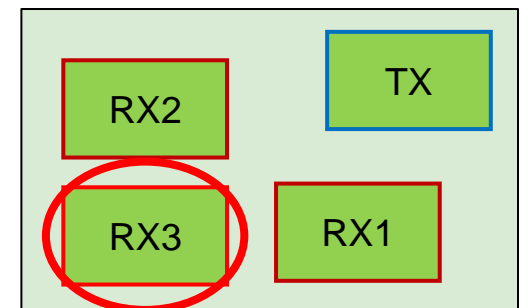


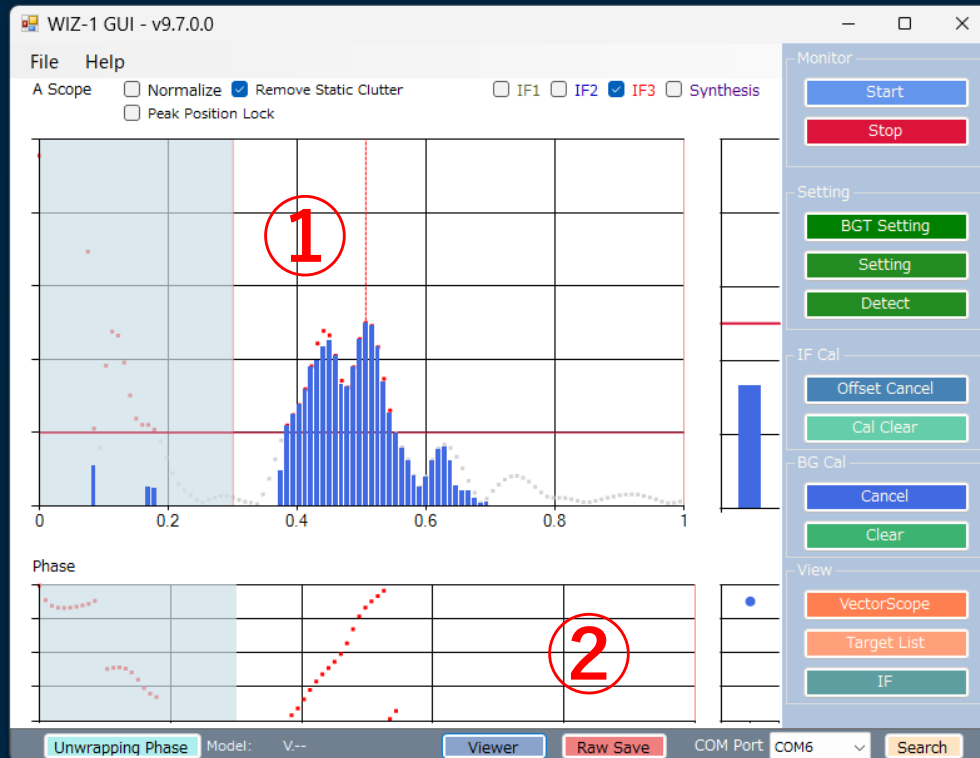
Unwrapping Phase Plot





Velocity FFT on Multi Chirp (Frame)



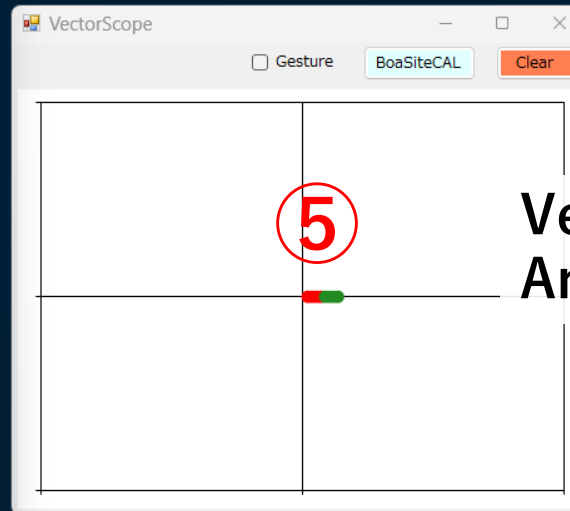


A Scope Range Profile

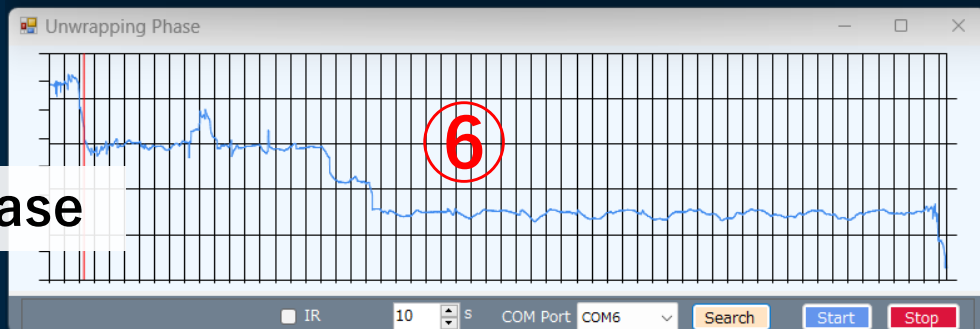
Phase Plot

No.	Range(m)	Level	X	Y
1	0.52	2838	0.00	0.00
2	0.44	2528	0.00	0.00
3	--	--	--	--
4	--	--	--	--

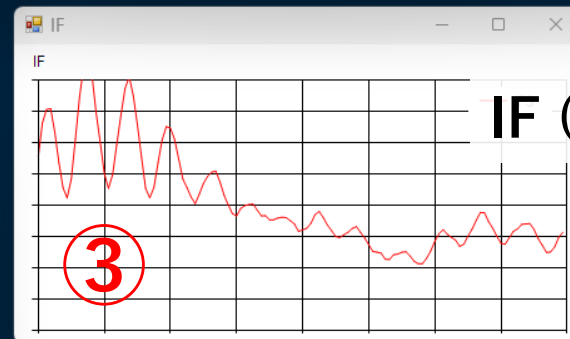
Target List



Vector Scope Angle Of Arrival



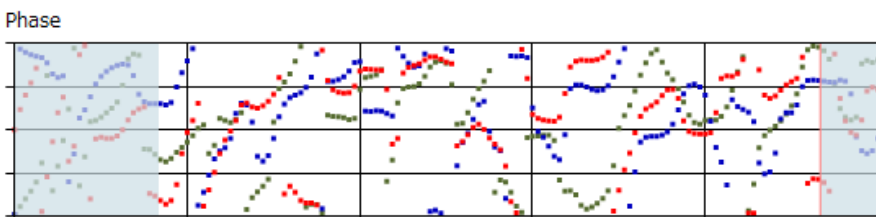
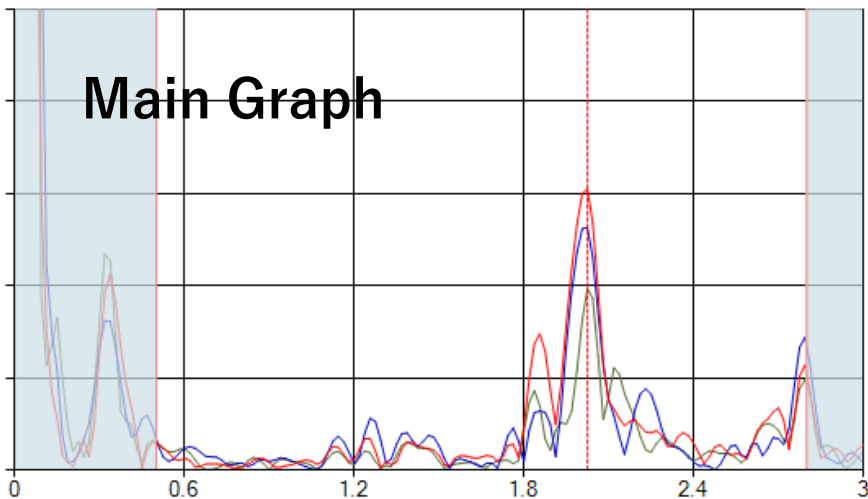
Unwrapping Phase



IF (ADC) raw data

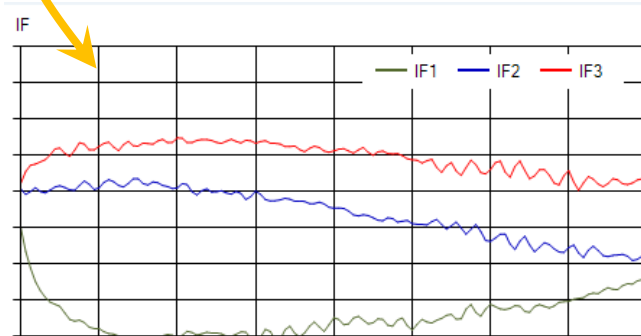
# WIZ-1-GUI 表示選択及び校正機能(2種)

A Scope  Normalize  Remove Static Clutter  IF1  IF2  IF3  Sy  
 Peak Position Lock



View

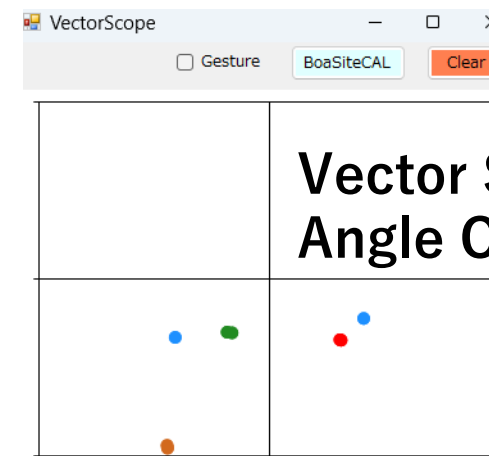
- VectorScope
- Target List
- IF



## Target List

No.	Range(m)	Level	X	Y
1	2.03	2951	-18.42	20.65
2	1.86	1897	10.99	18.11
3	2.79	1092	26.64	56.52
4	2.70	710	24.51	19.85

Range, Level, X, Y



IF Cal

- Offset Cancel
- Cal Clear

BG Cal

- Cancel
- Clear

← IF Cal ; Off Set cancel (内乱除去)

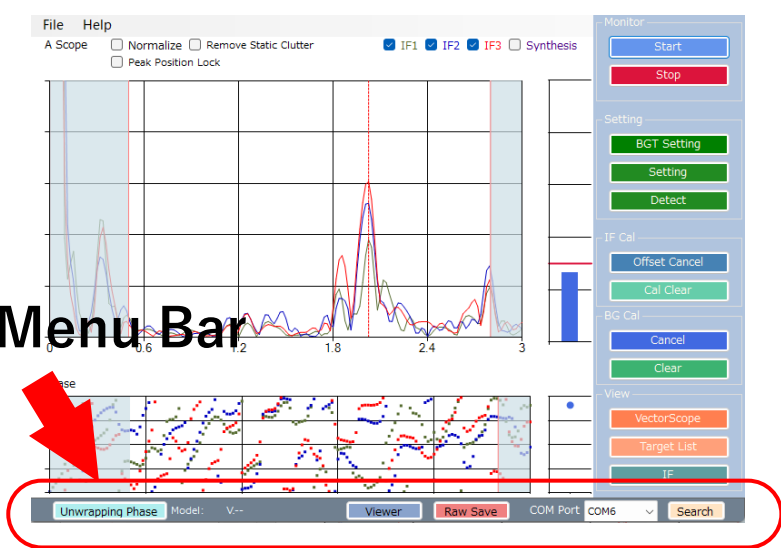
← BG Cal ; Back Ground cancel (背景除去)

VectorScope

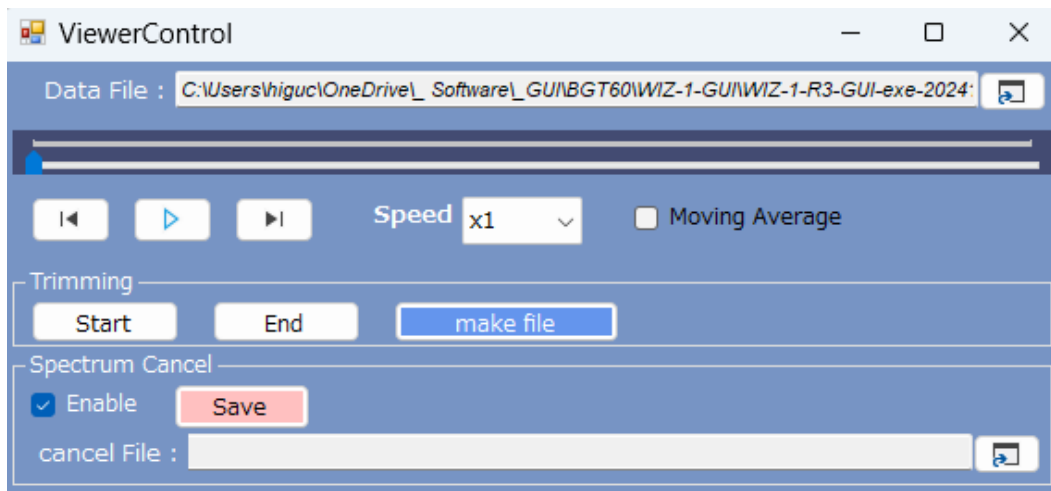
Graph XY Max rad 3.2 deg 60

X Mirror  Y Mirror  Degree

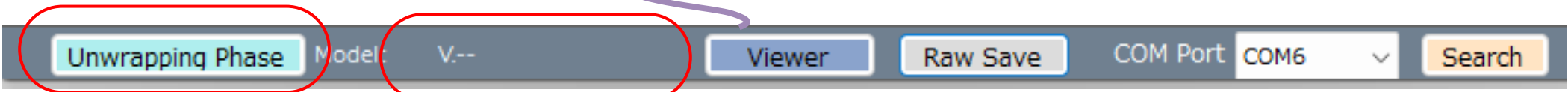
# WIZ-1-GUI メニュー選択



Viewer

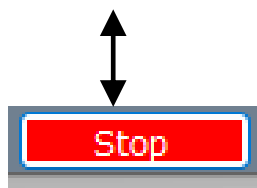


Raw Data Save により取得したバイナリデータを読み込み、解析する。

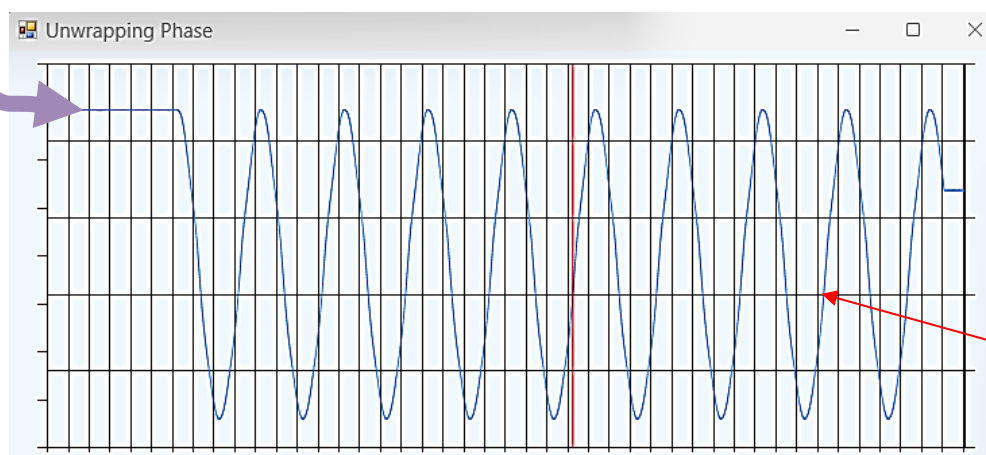


ファームウェアバージョン

VCPによるUSB接続



ADデータをバイナリ形式で保存し、オフラインにて解析する。

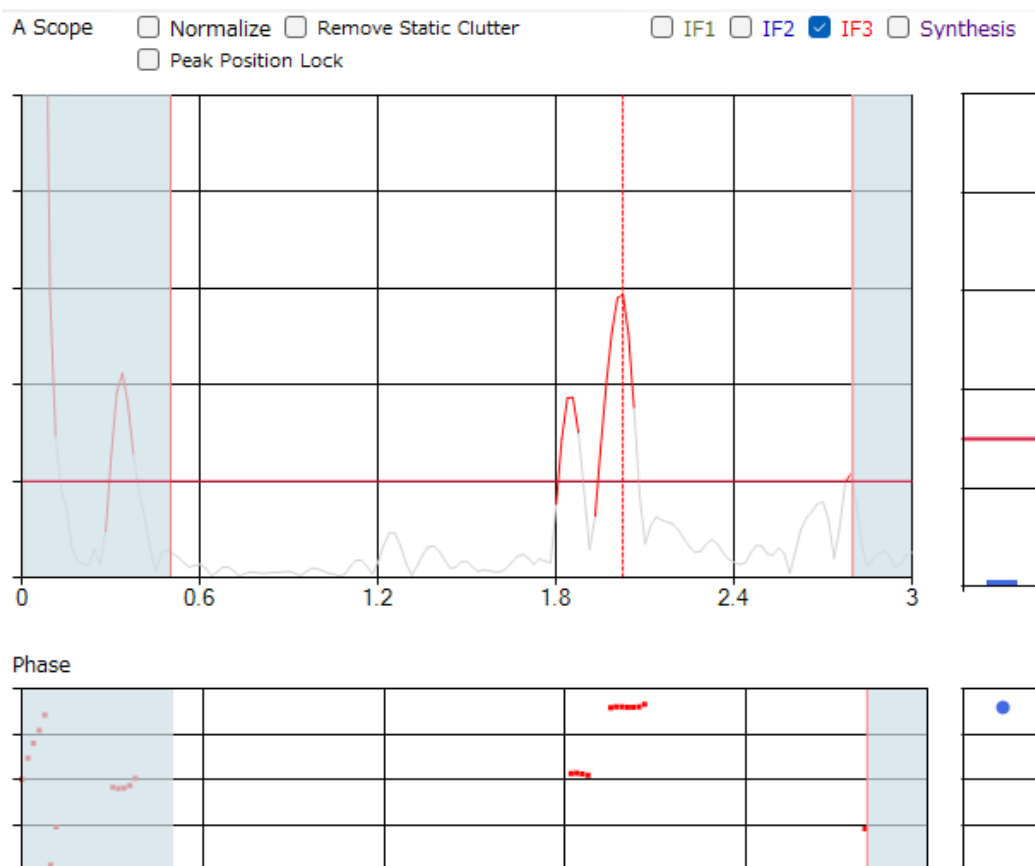


Unwrapping Phase



# WIZ-1-GUIによるパラメータ設定

- Range Gate / Near, Far 設定により距離値にマスクをかける。
- Peak Searchに採用する受信系統の選択
- レベル閾値の設定によるノイズ除去
- 視覚的効果（軌跡表示）



IF Graph  
Y Max 2000

Spectrum Graph  
Y Max 5000  
Range Max 3 m

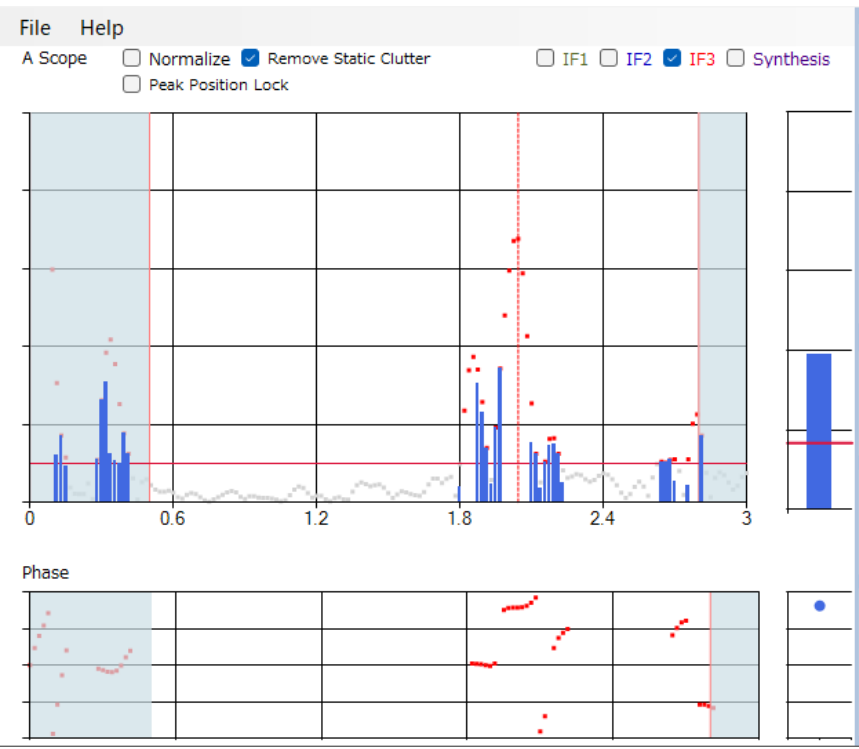
Range Gate  
 Low Limit Enabel 0.5 m  
 High Limit Enabel 2.8 m

Peak Search  
Used for peak search  IF1  IF2  IF3  Synth  
Level Thresh 0  
Number of targets to display 4  
 Show the trajectory 4

VectorScope  
Graph XY Max rad 3.2 deg 60  
 X Mirror  Y Mirror  Degree

WIZ-1 R3  
 High Speed

# アンラッピングフェイズと位相感度



Monitor

Start Stop

Setting

BGT Setting Setting Detect

IF Cal

Offset Cancel Cal Clear

BG Cal

Detect

Phase Sensitivity 0.0500

sub value 0.1000

add value 1.000

ON TIME 1.0 s

OFF TIME 1.0 s

Detect Level 5000

Graph Y Max 30000

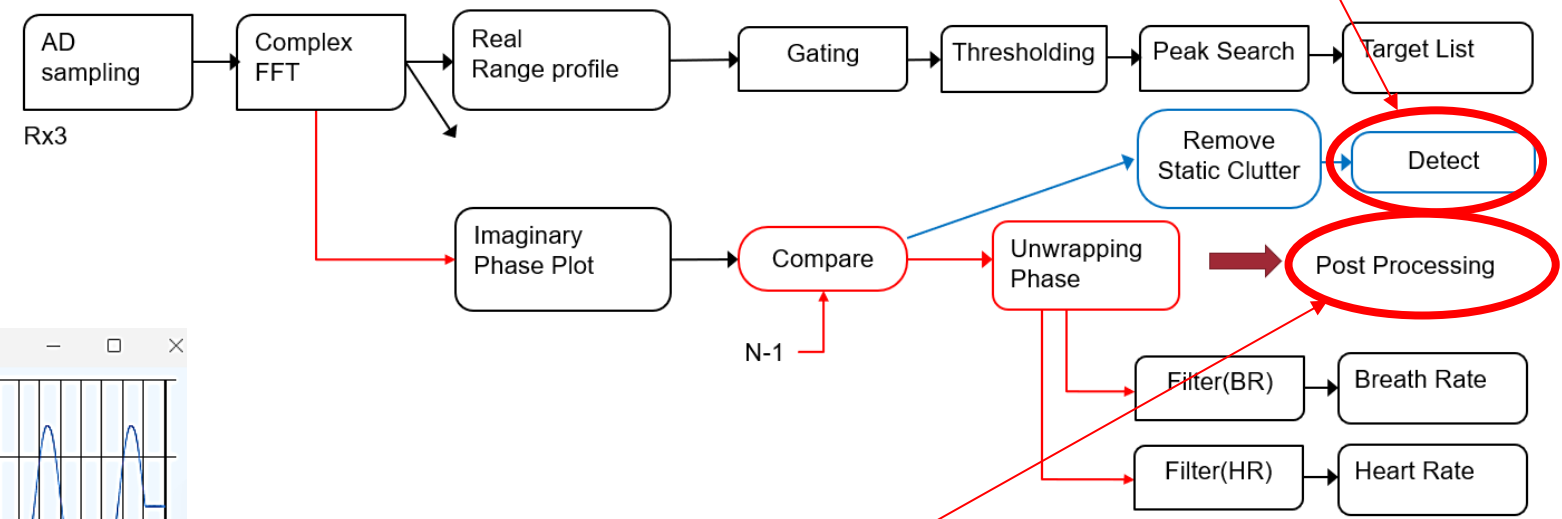
Log data interval 60 s

Presence

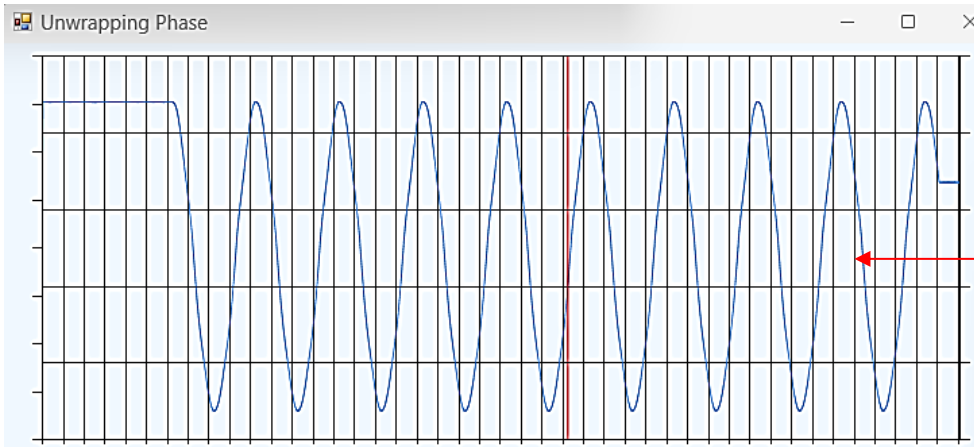
Log

Phase Sensitivity

Presence Detect



Unwrapping Phase

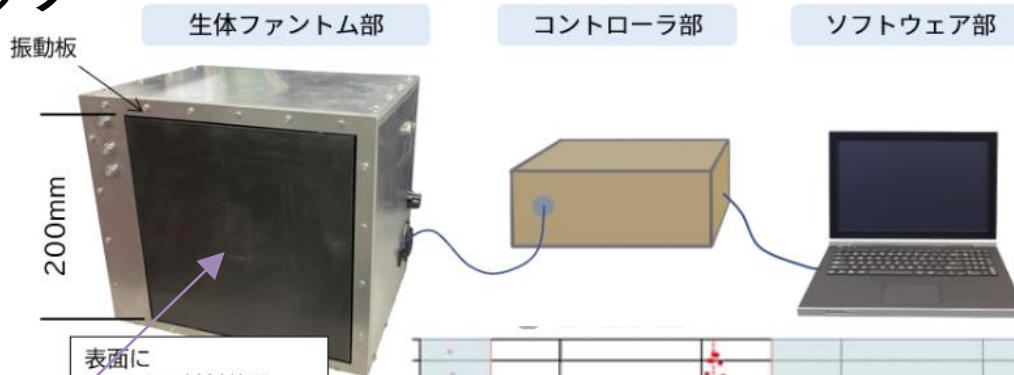


# 生体ファントムによる実験

## 試験環境及びセットアップ

Model No. PHA01

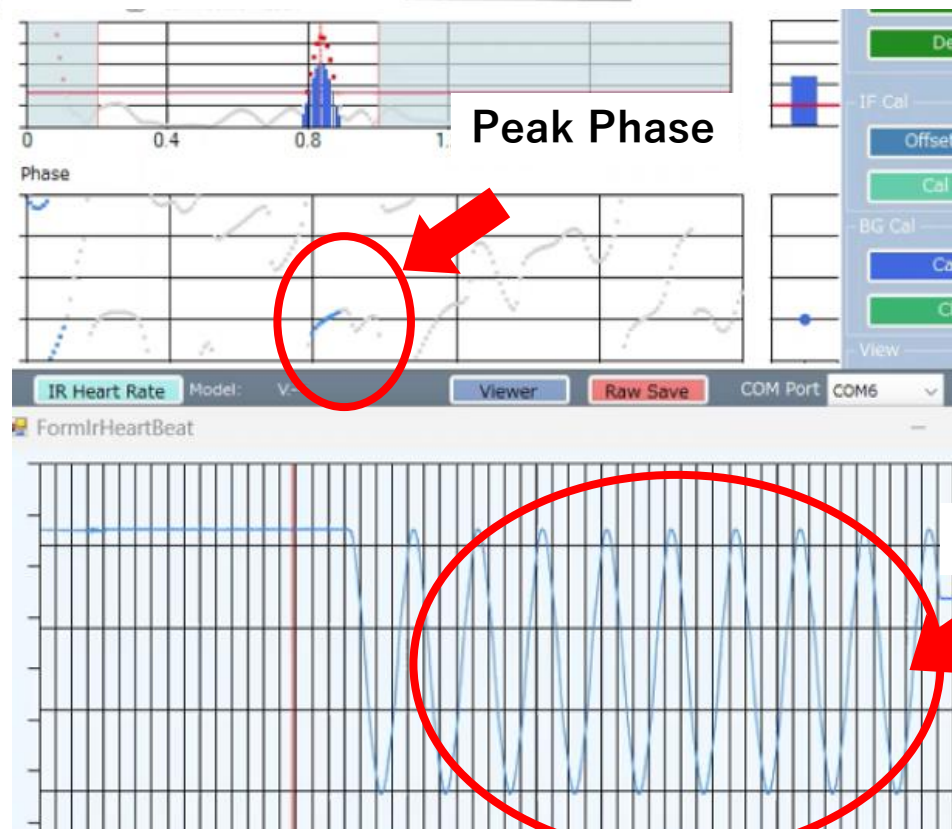
協力：キーコム株式会社



項目	内容
呼吸	0.1Hz~1Hz, 0.01Hzステップ ストローク0.1mm~27mm, 0.1mmステップ
心拍	0.5Hz~5Hz, 0.05Hzステップ ストローク0.1mm~3mm, 0.05mmステップ

表面に  
ファントム材料使用

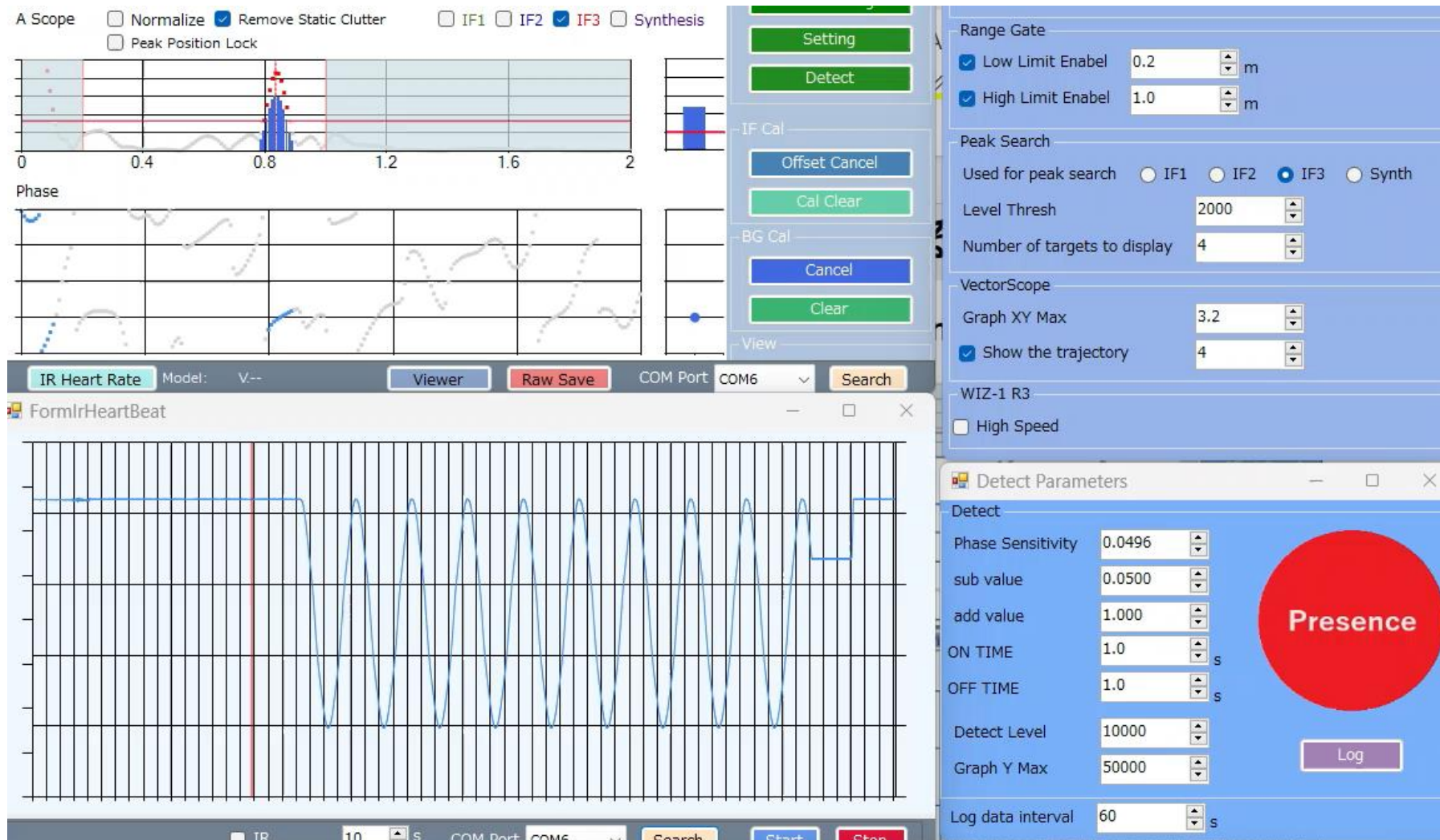
約 82 cm



使用レーダ : WIZ-1-P  
中心周波数 : 60GHz  
帯域幅 : 4GHz

距離 : 約82 cm程度  
設定 : 呼吸相当及び心拍相当

## 呼吸相当



## 心拍相当

The screenshot displays the WIZ-1 GUI software interface, which is used for signal processing and analysis. The main window, titled "WIZ-1 GUI - v9.3.0.0", features several plots: a top plot showing a red waveform labeled "IF3", a middle plot showing a spectrum with peaks, and a bottom plot showing a phase plot. The interface includes a menu bar (File, Help) and a toolbar with buttons for "Start", "Stop", "BGT Setting", "Setting", "Detect", "Offset Cancel", "Cal Clear", "Cancel", "Clear", "VectorScope", and "Target List".

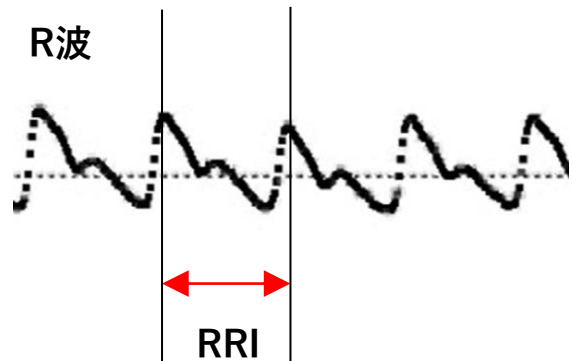
Below the main window, there are several smaller windows and panels:

- Setting**: A configuration panel with sections for "IF Graph" (Y Max: 1000), "Spectrum Graph" (Y Max: 7000, Range Max: 2 m), "Range Gate" (Low Limit: 0.1 m, High Limit: 1.8 m), "Peak Search" (Level Thresh: 2000, Number of targets to display: 4), "VectorScope" (Graph XY Max rad: 3.2 deg, 60), and "WIZ-1 R3" (High Speed checked).
- TargetList**: A table listing detected targets.
- ViewerControl**: A control panel for the viewer, showing the data file path and playback controls (Play, Stop, Speed: x1, Moving checkbox).
- Detect Parameters**: A panel for detection settings, including Phase Sensitivity (0.0100), sub value (0.1000), add value (1.000), ON TIME (1.0 s), OFF TIME (2.0 s), Detect Level (30000), Graph Y Max (80000), and Log data interval (60 s).
- FormIrHeartBeat**: A window showing a heart rate waveform with a red vertical line indicating a detected beat.

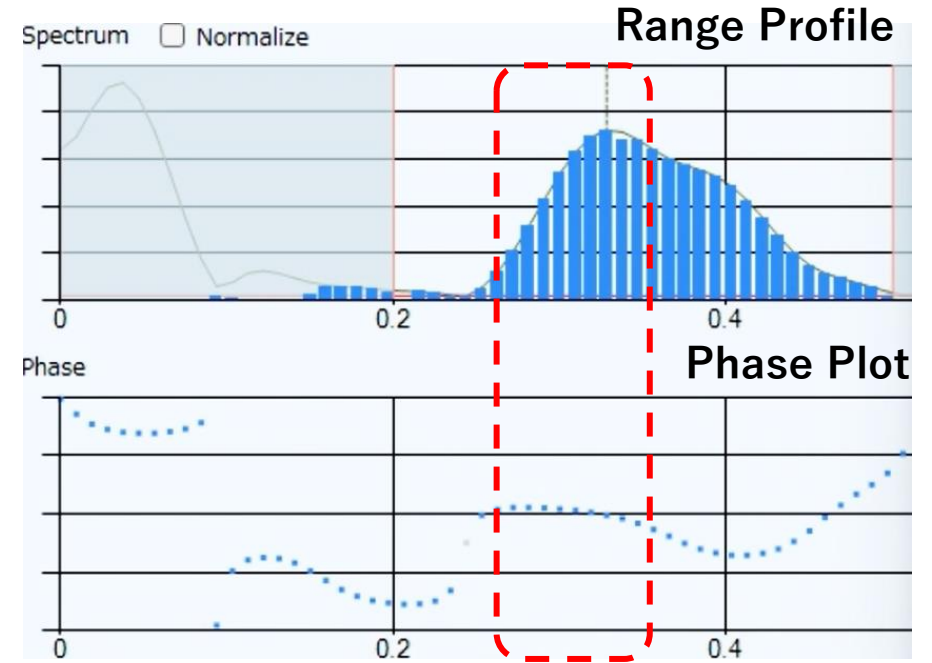
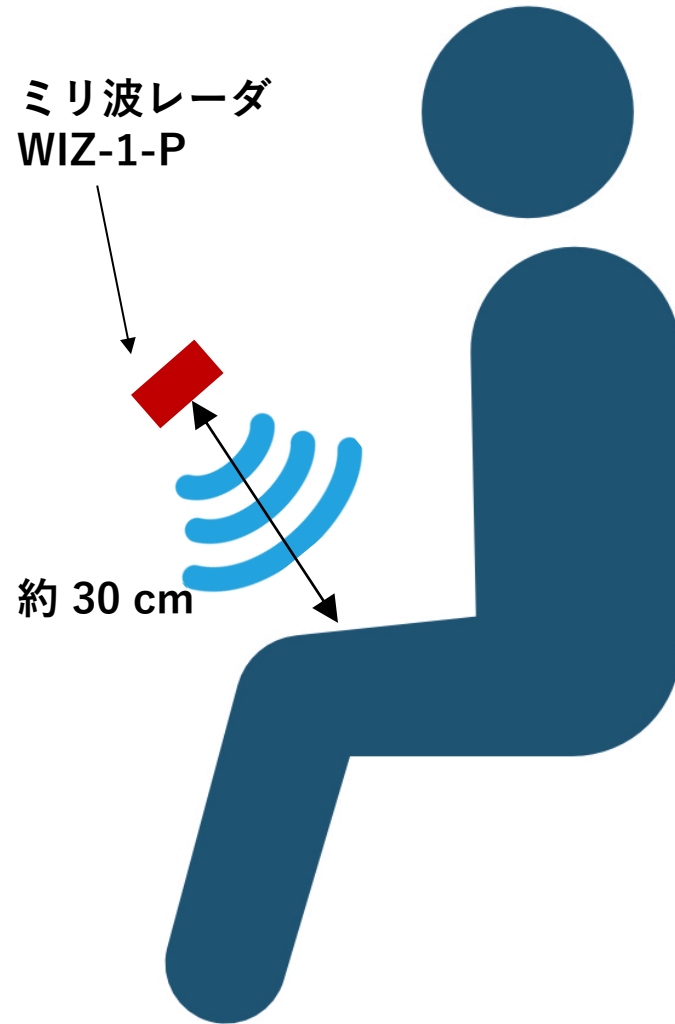
## 試験環境及びセットアップ

使用レーダ : WIZ-1-P  
中心周波数 : 60GHz  
帯域幅 : 4GHz

被験部までの距離 : 約30 cm程度  
目標部位 : 大腿部内側



参考  
PPG (赤外線による静脈計測)



WIZ-1-GUI による Range FFT グラフ



## Radar Setting

Select  Get All Data

Frame rate 100Hz

Chirp Num.  2  4  8

Sample per Chirp 256

FMCW Bandwidth 4GHz

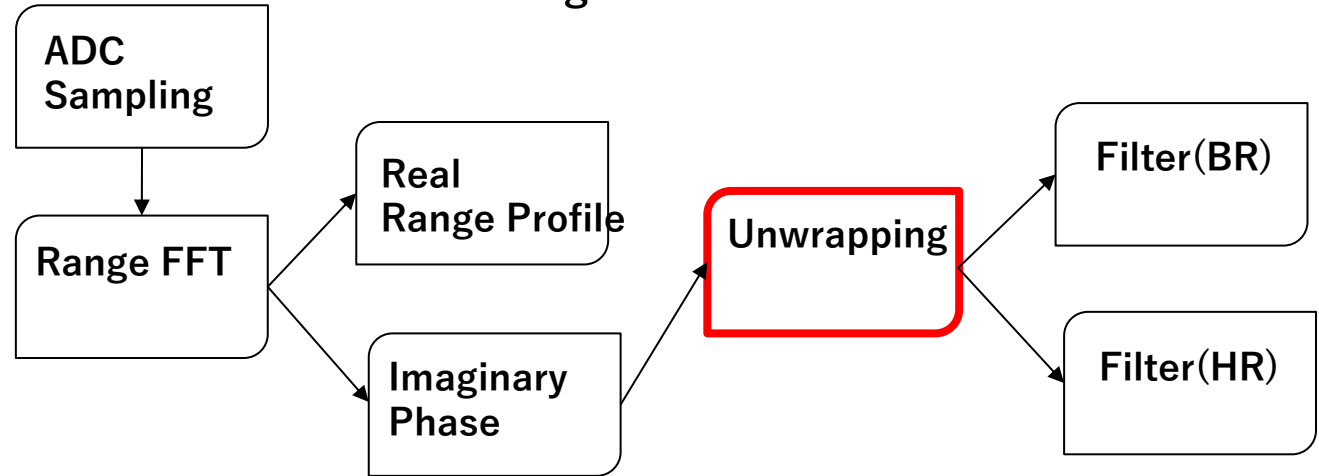
IF Gain 33

Rx Select

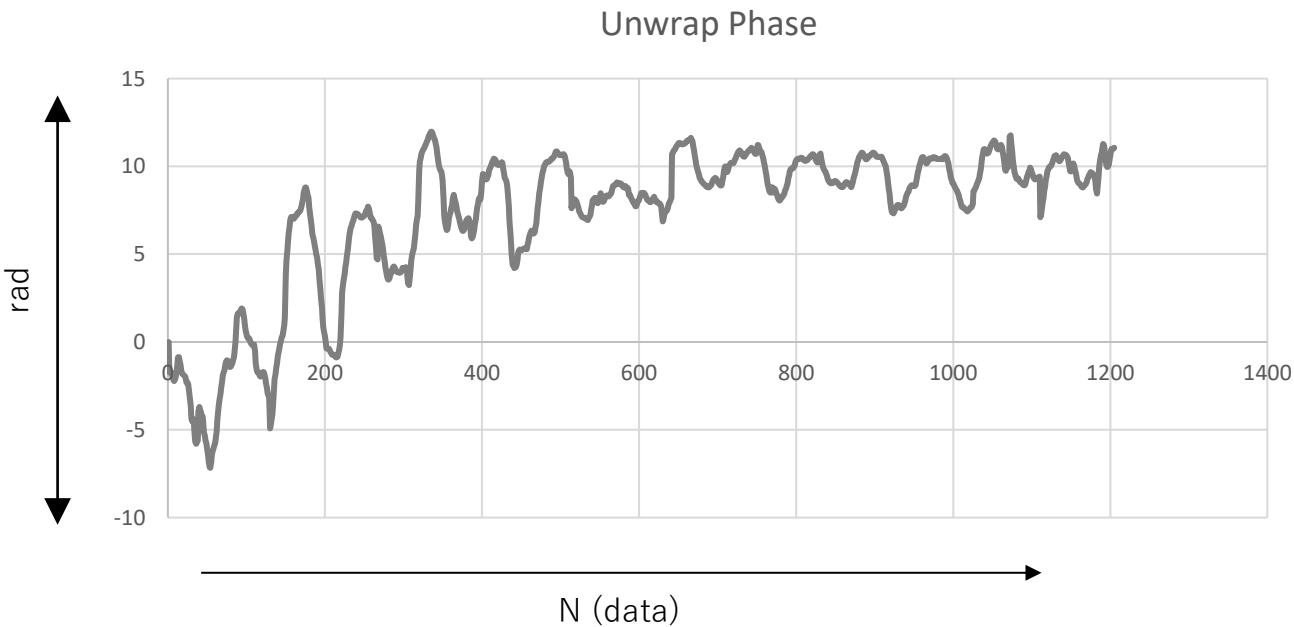
Rx2  Rx3  Rx1

Tx1

## Signal Process

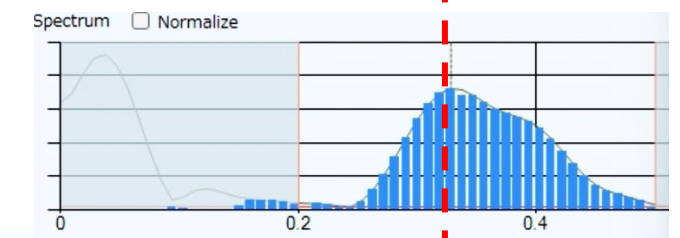


WIZ-1-GUI による Range FFTグラフ

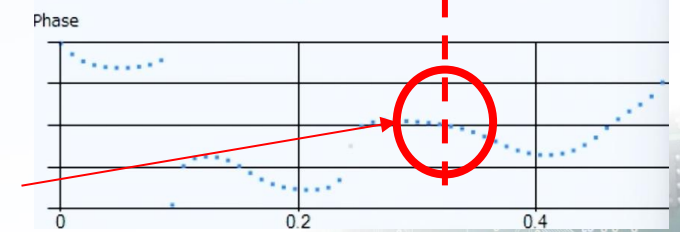


## ピーク判定

Range Profile

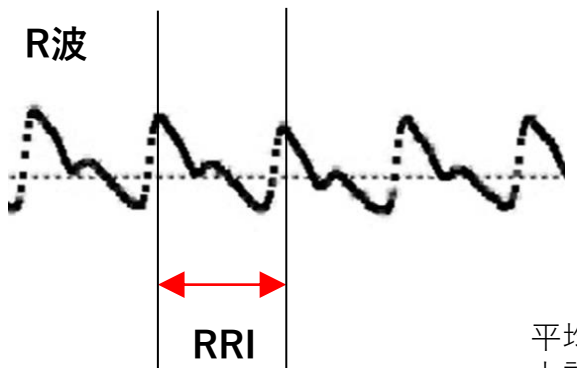
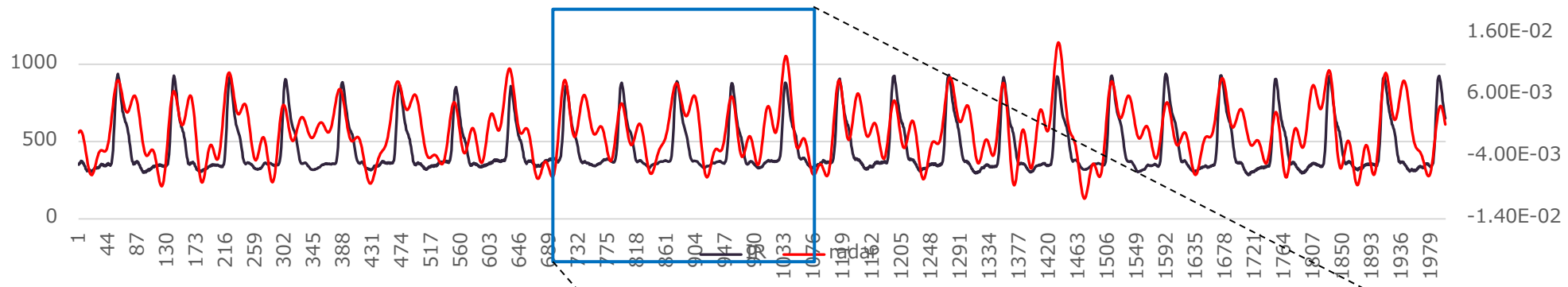


Phase Plot



位相情報

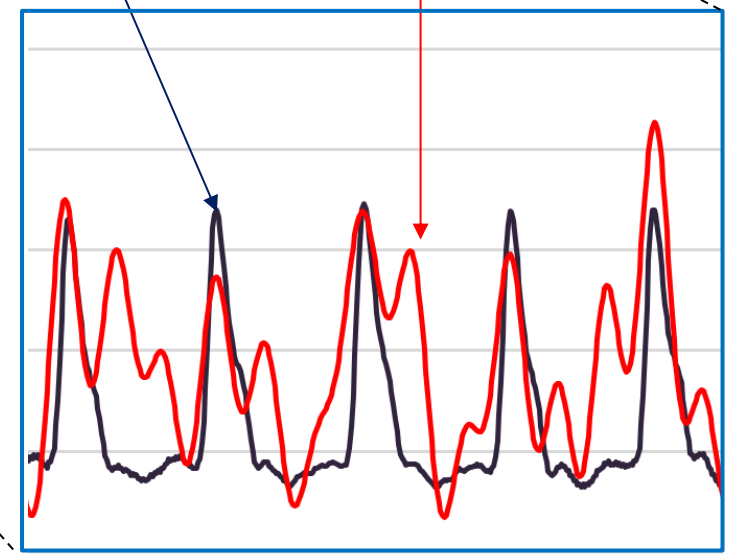
# PPG vs. WIZ-1 データ比較



参考  
PPG (赤外線による静脈計測)

被験者Aプロフィール  
 平均心拍 82 BPM  
 上記より逆算による RRI = 732 msec = 1.37Hz  
 RRI変動  
 +/- 10% 程度の揺らぎ  
 -10% : 732 x 0.9 = 659 msec  
 +10% : 732 x 1.1 = 805 msec  
 つまり 659 / 732 / 805 msec  
 100Hz で解析すると  
 660 / 730 / 810 msec

PPG(IR)によるデータ      WIZ-1-Pによるデータ



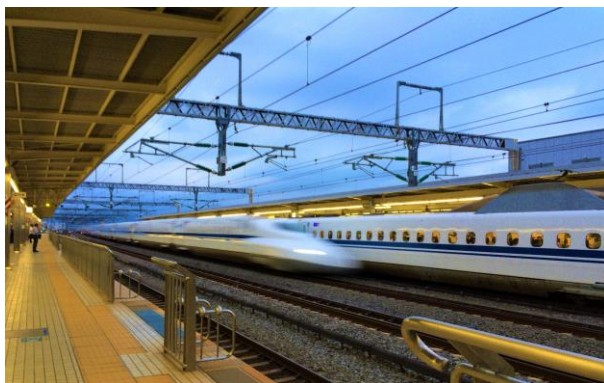
PPG(IR式) とRADAR(WIZ-1-P) によるデータ比較



## 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

