

ミリ波レーダ バイタルセンシング最前線

ピーティーエム株式会社
BOOTH #H-15

- 体動のセンシング
- 生体情報センシング
- アプリケーション実装への重要指標
- 生体センシングとレーダ計測
- 数理モデル化と計測レンジ
- ミリ波による脈波（心拍相関値）計測
- 評価試験
- 各種サンプリングによる解析
- 60GHz 移動体検知センサー
- 会社案内



焦電型赤外線センサー (PIR)

画像式 (単体及びカメラ内蔵)

カメラ式

モーションセンサー (視野角内の動きの検知)

画像認識 (機械学習・AI)

光学式

LiDAR (レーザー)

ToF

電波式 (送受アンテナ間のビーム放射角範囲の電波情報解析)

マイクロ波式 (10GHz/ 24GHz)

ミリ波式 (60/76/79GHz)

その他、超音波式など



- 呼吸計測

パルスオキシメータなどによる血中酸素飽和度の計測
差圧トランスデューサや温度センサによる気流の計測
ベルト型呼吸トランスデューサ
医療従事者による目視

- 心拍計測

心電図 (ECG)
光電容積脈波計 (PPG)
医療従事者による触診



レーダによる非接触計測できる生体情報とその応用

レーダ計測対象	生体情報	主な応用
呼吸による変位	呼吸の有無	窒息検出、生存者発見
	呼吸数	自律神経、心理状態の計測
		肺炎などの呼吸器疾患の兆候検出
脈波による変位	心拍の有無	生存確認
	心拍数	循環器疾患の兆候検出
	心拍変動	自律神経、心理状態の計測
複数部位の脈波変位	脈波伝搬速度	血圧計測
		動脈硬化の検出
体動による変位	四肢の運動	行動推定、ジェスチャ認識

計測レンジ (アンビギュイティ・フリー)

使用周波数帯	24GHz	60GHz	79GHz
半波長 ($\lambda/2$)	6 mm	2.5 mm	1.9 mm

皮膚表面の変位(mm)

生体情報	最小	最大
呼吸	1 mm	50 mm
心拍	0.1 mm	0.5 mm

拍数/秒(BPM) と周期 (秒)

生体情報	BPM(回)				周期(s)			
	標準	偏差	最小(-)	最大(+)	標準	偏差	最小(-)	最大(+)
呼吸	16.6	2.8	13.8	19.4	3.6	0.5	3.1	4.1
心拍	80	0.1	72	88	0.75	0.1	0.65	0.85

ミリ波による脈波（心拍相関値）計測

要求実現へのアプローチ

定在波レーダ(リニアFM変調)の高速化を実装

複素FFTにより目標物の反射強度、距離、位相などの情報を得る。

主要項目	仕様
中心周波数	60.0 GHz
占有帯域幅	4 GHz
送信出力(e.i.r.p)	10 dBm
変調方式	リニアFM変調 (Sawtooth)
変調速度	0.1 usec
サンプリング数 (ステップ数)	256 step
FFT長	256 pt
位相感度	0.0123 rad

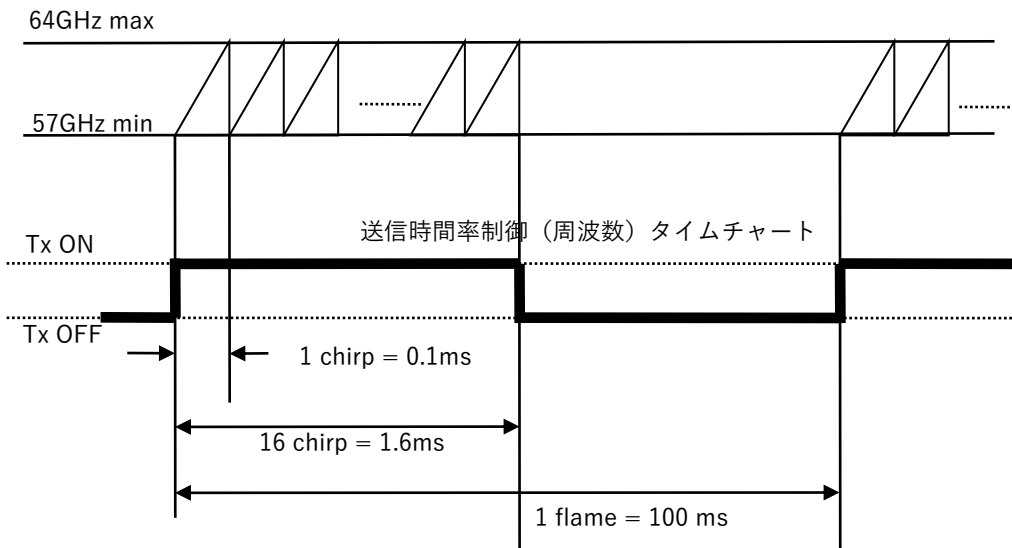


ミリ波による脈波（心拍相関値）計測

速度に関するパラメータ

主要項目	仕様		
演算周期	100Hz = 10 msec	150Hz = 6.67 msec	10Hz = 100 msec
フレーム処理	Single Chirp	Single Chirp	Multi Chirp
チャープ数	1	1	16
時間領域	フレーム間	フレーム間	フレーム内
最大速度	0.25 m/s = 0.9 km/h	0.42 m/s = 1.5 km/h	2.5 m/s = 9 km/h

送信波形（周波数）タイムチャート



例：

10Hz 16chirp/frameにて

位相感度 0.0123 rad = 0.01 mm (10 μm)

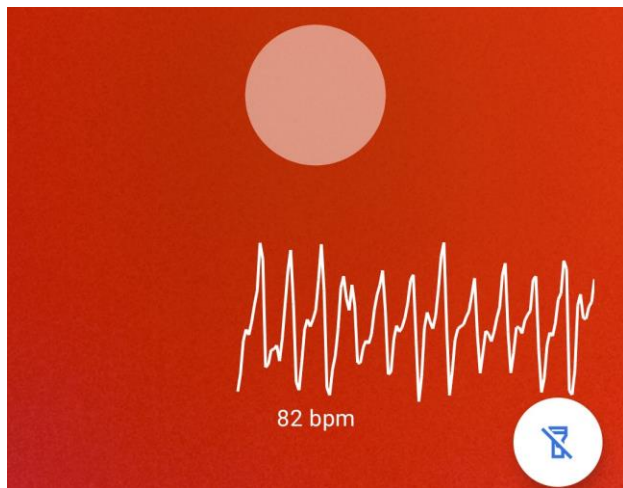
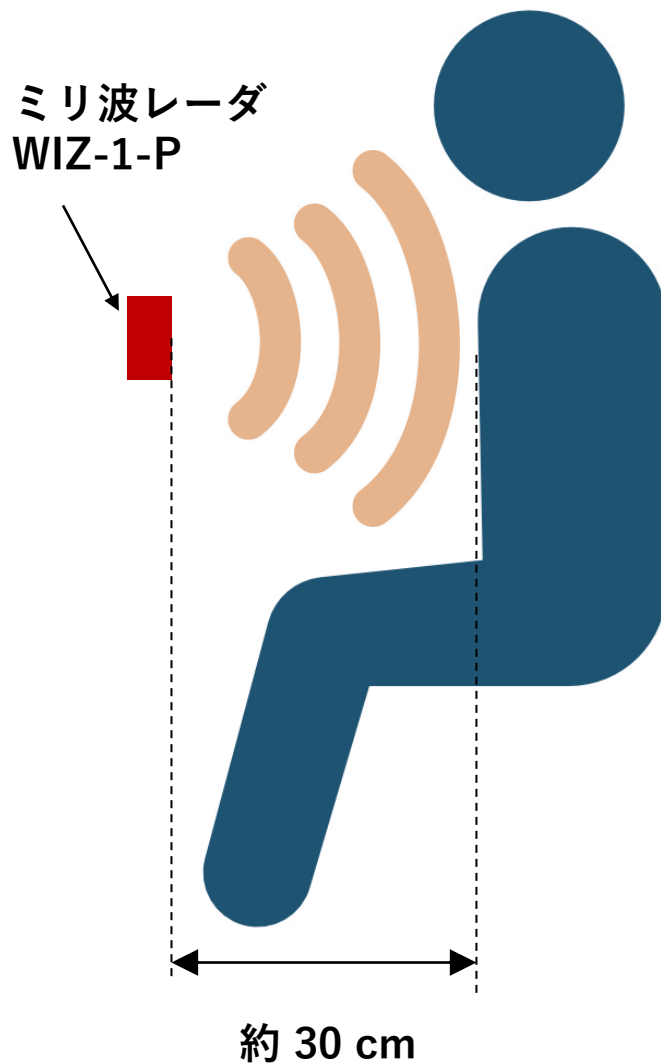
アンビギュイティ条件 $V_{max} > 25\text{m/s}$ (90 km/h)



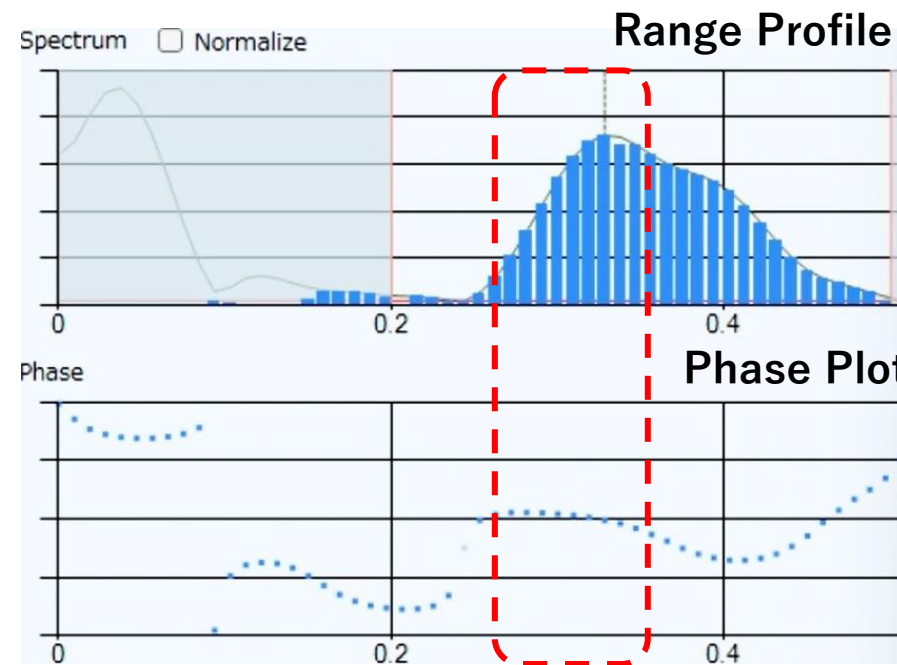
試験環境及びセットアップ

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

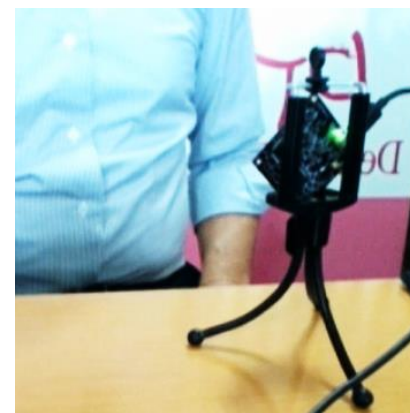
被験者までの距離 : 約30 cm程度
被験者平均心拍 : 82 bpm
呼吸数 : 15 bpm

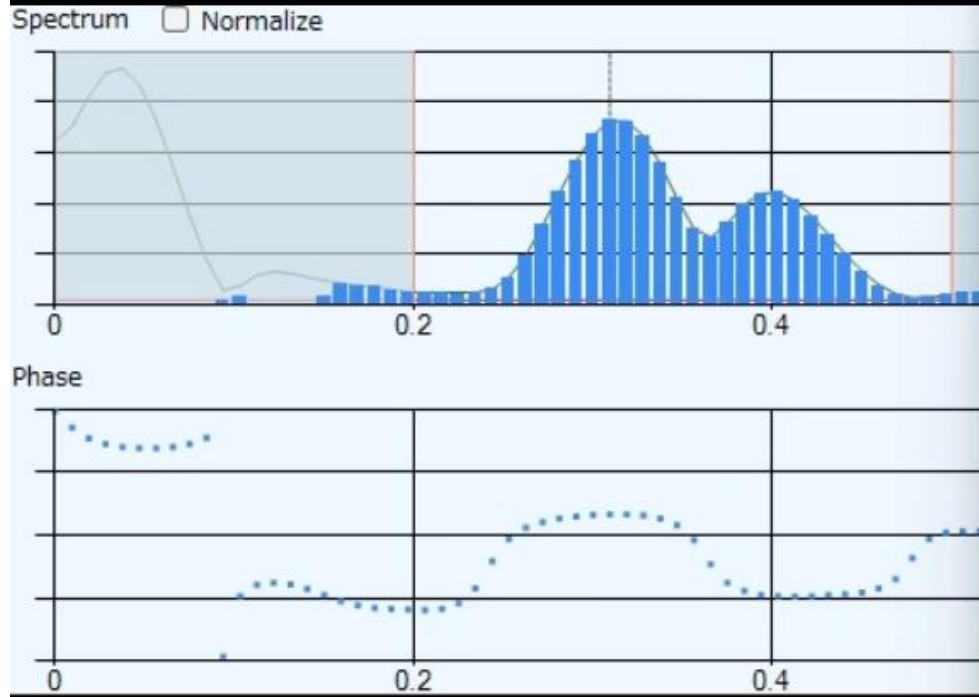


Google FIT によるPPG測定

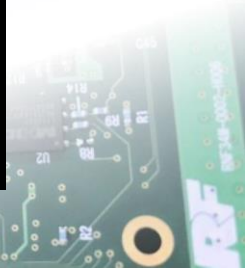


WIZ-1-GUI による Range FFT グラフ





1



Radar Setting

Select Get All Data

Frame rate 100Hz

Chirp Num. 2 4 8

Sample per Chirp 256

FMCW Bandwidth 4GHz

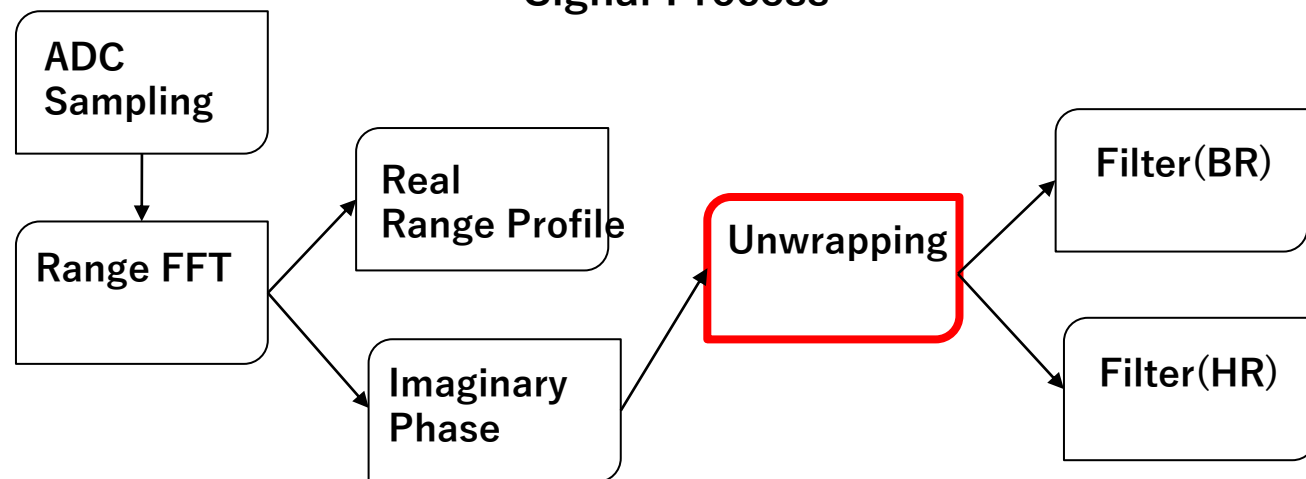
IF Gain 33

Rx Select

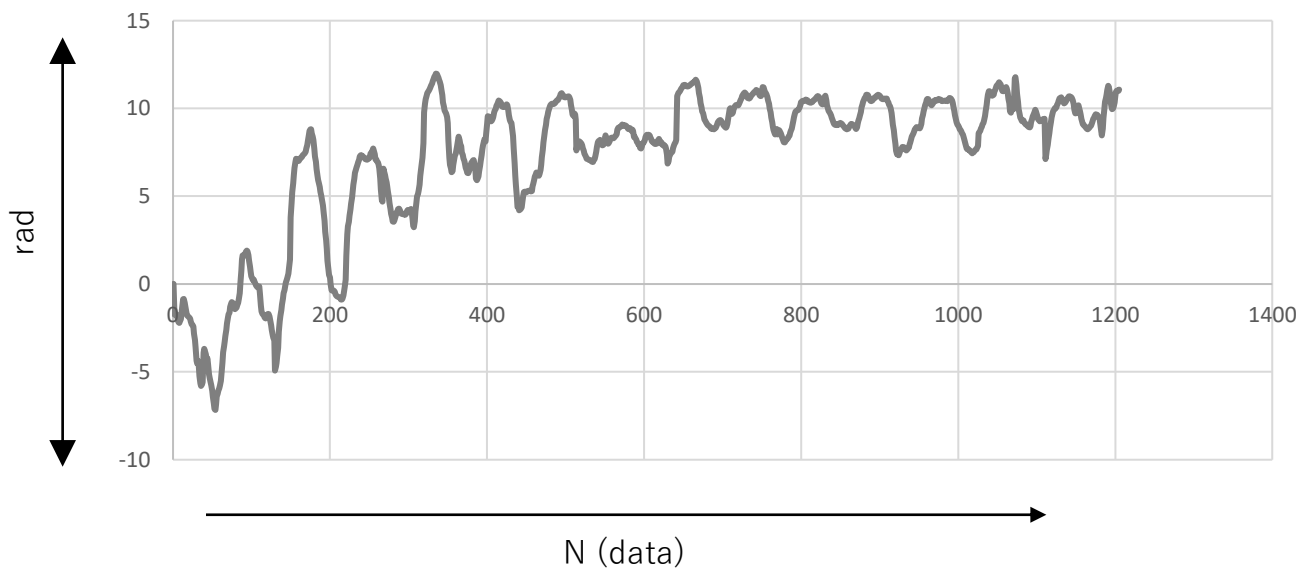
Rx2 Rx3 Rx1

Tx1

Signal Process



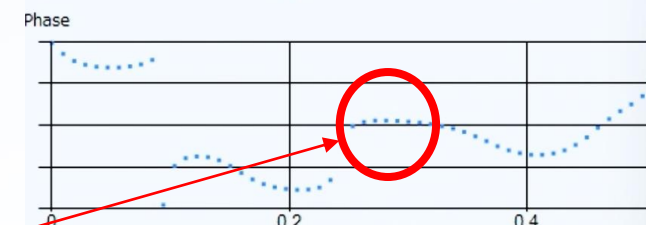
Unwrap Phase



Range Profile

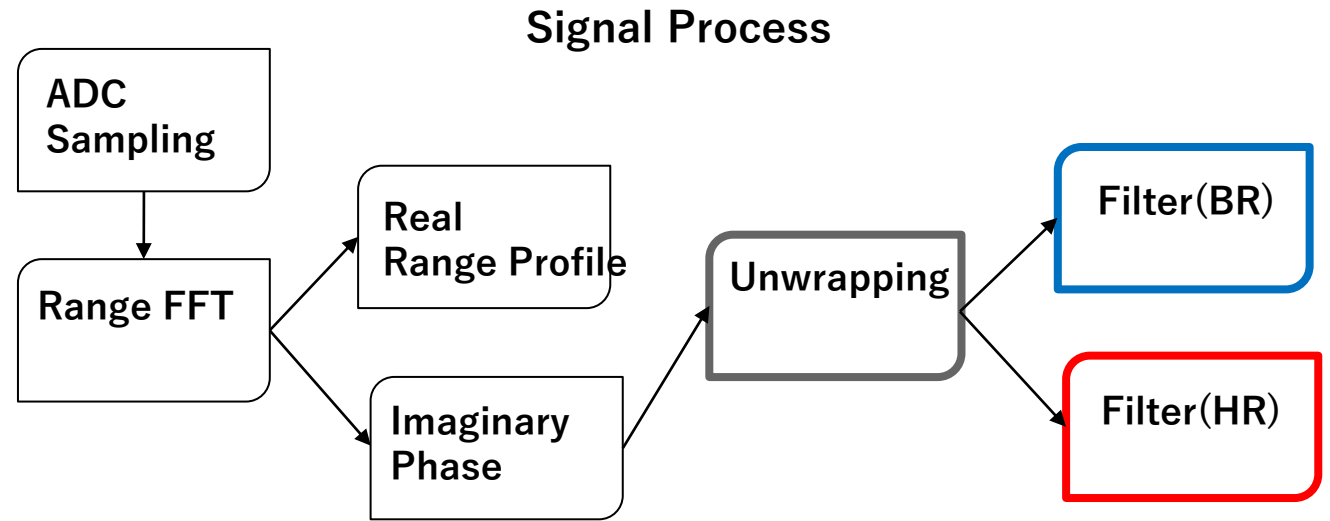
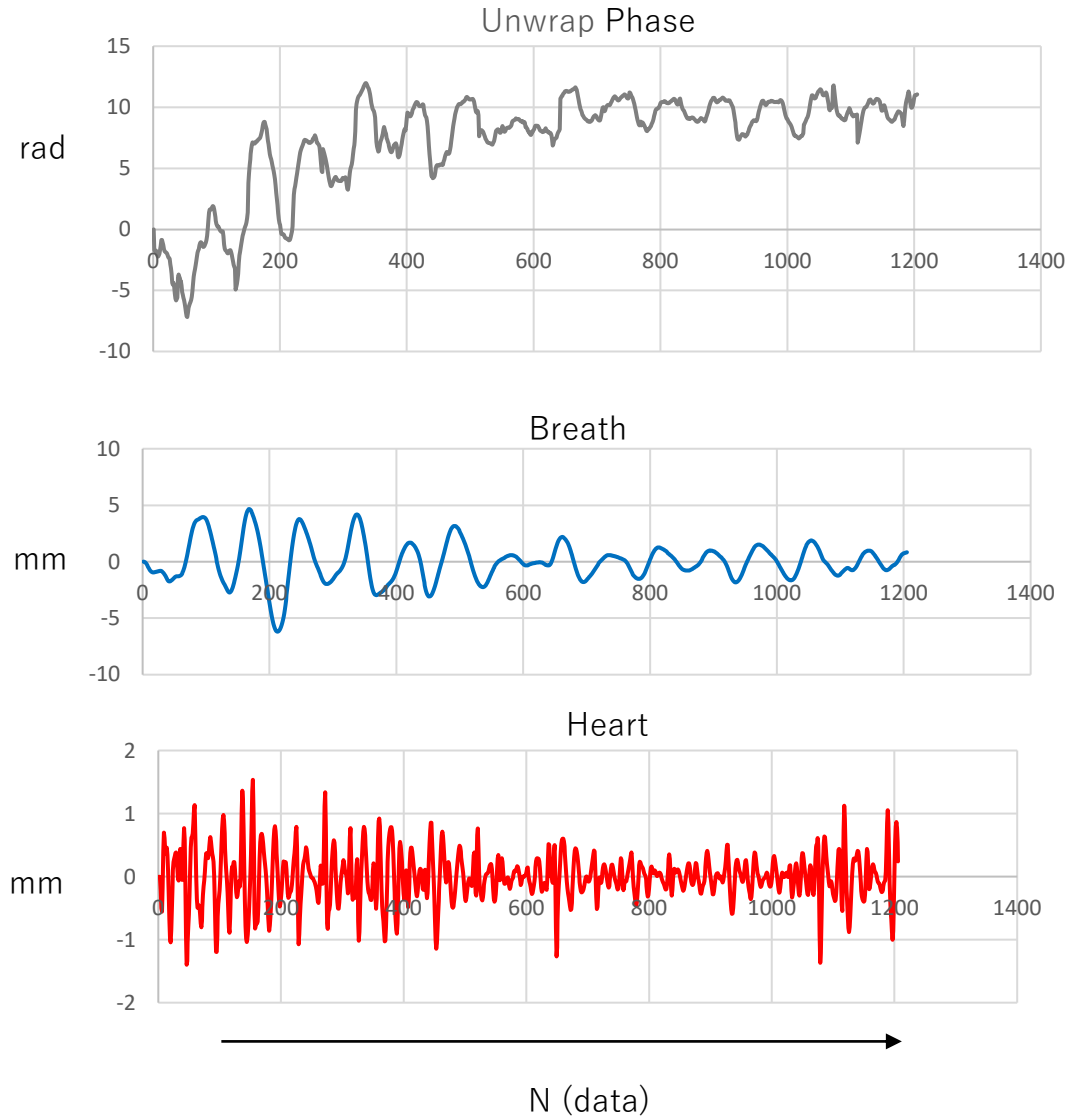


Phase Plot



位相情報

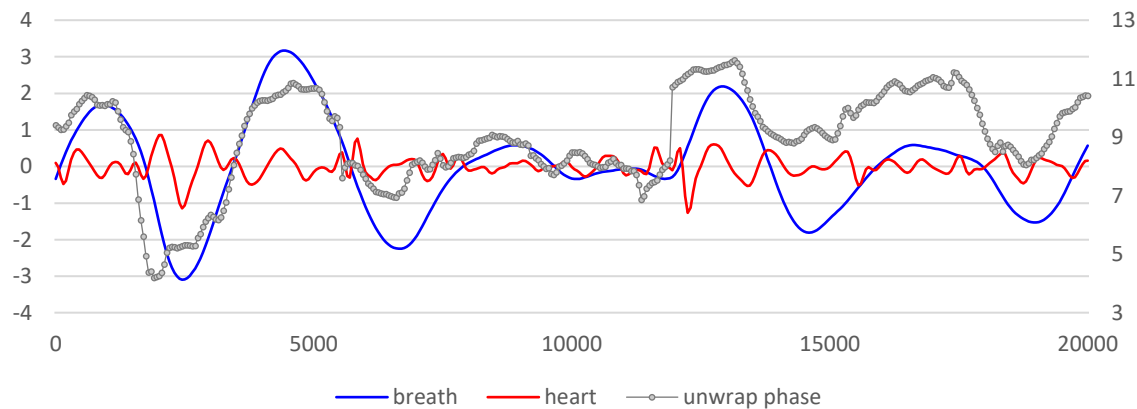
20Hz サンプリング BR150 BPM / HR 82 BPM



20Hz サンプリングによる解析

20sec 抽出データ BR150 BPM / HR 82 BPM

任意の20sec間 (左: HR, BR 右: Unwrap Phase)



■ 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% : $732 \times 0.9 = 659$ msec

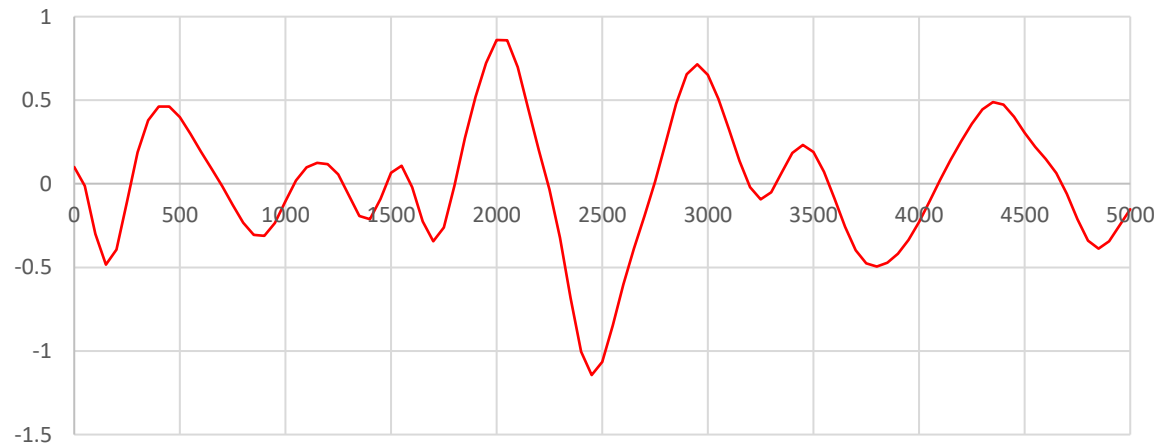
+10% : $732 \times 1.1 = 805$ msec

つまり 659 / 732 / 805 msec

100Hz で解析すると

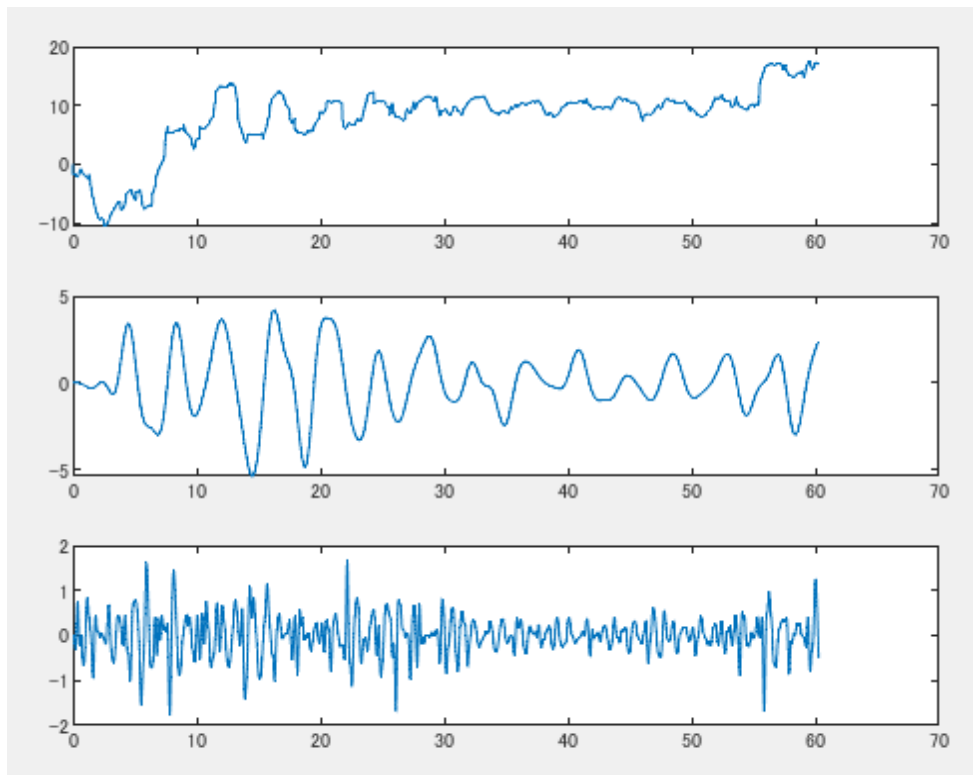
660 / 730 / 810 msec

任意の5sec HR

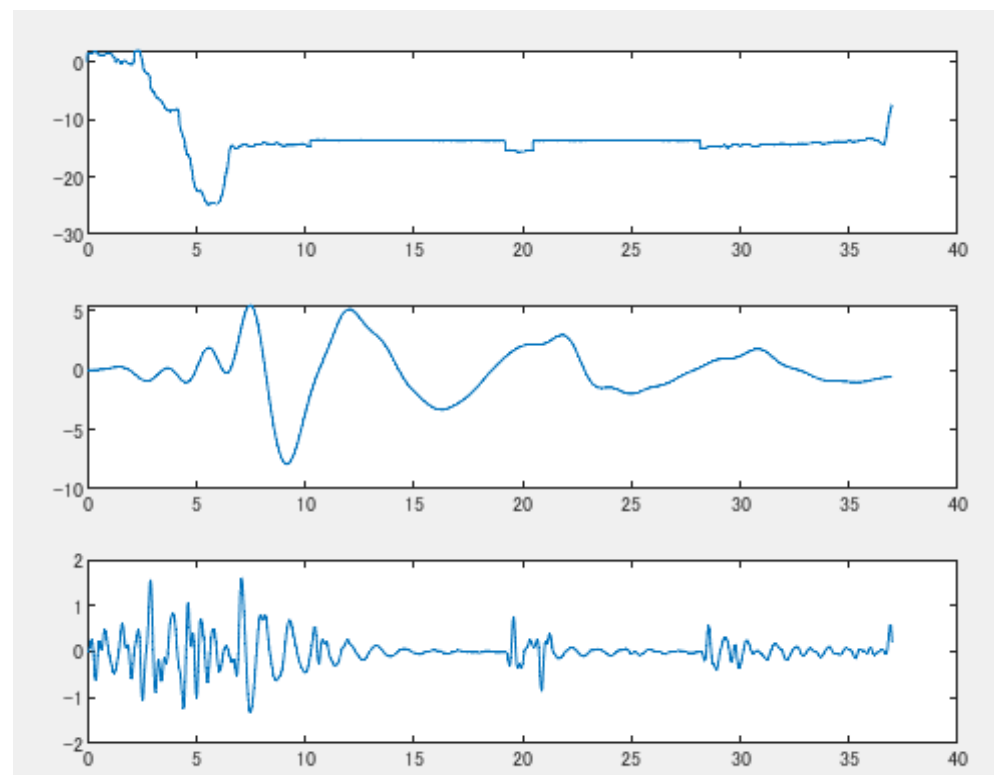


100Hz サンプリングによる解析

100Hz 呼吸あり 15BPM



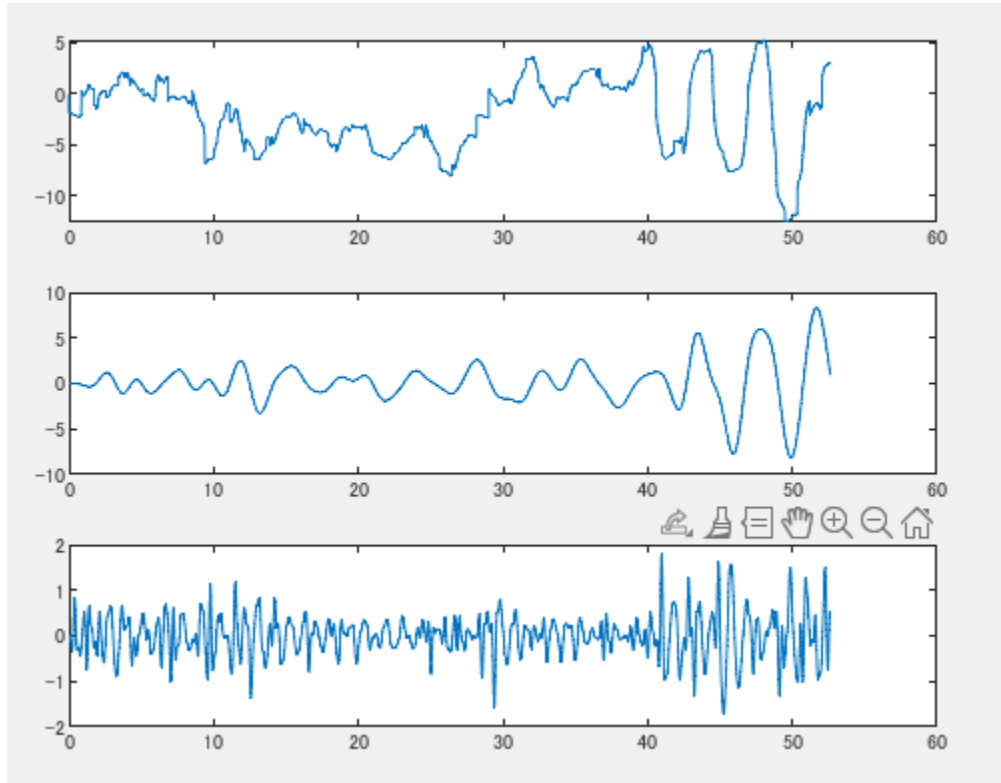
100Hz 呼吸なし



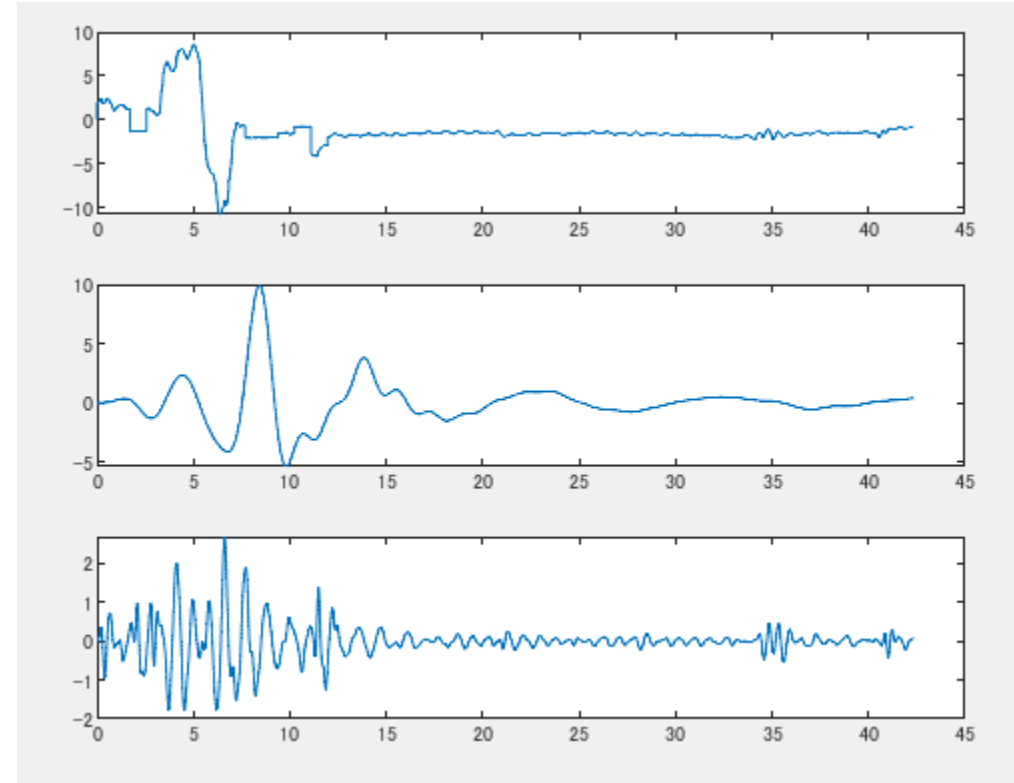


150Hz サンプリングによる解析

150Hz 呼吸あり 15BPM



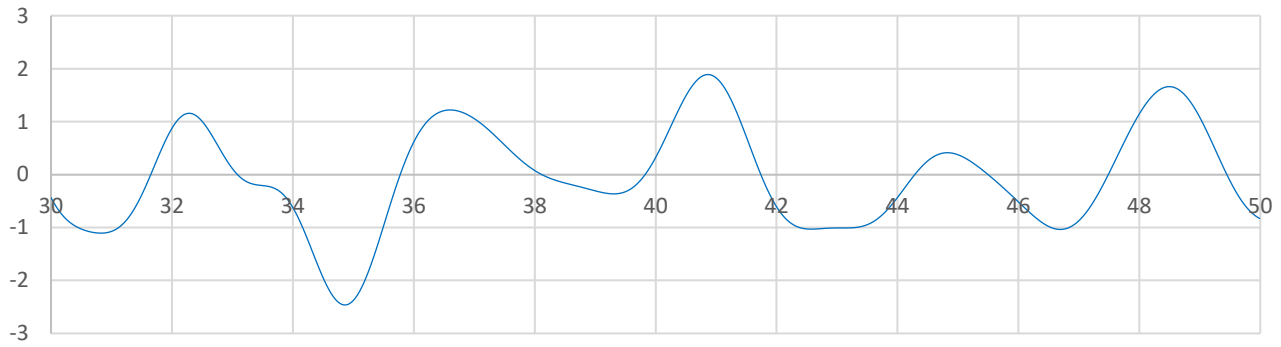
150Hz 呼吸なし



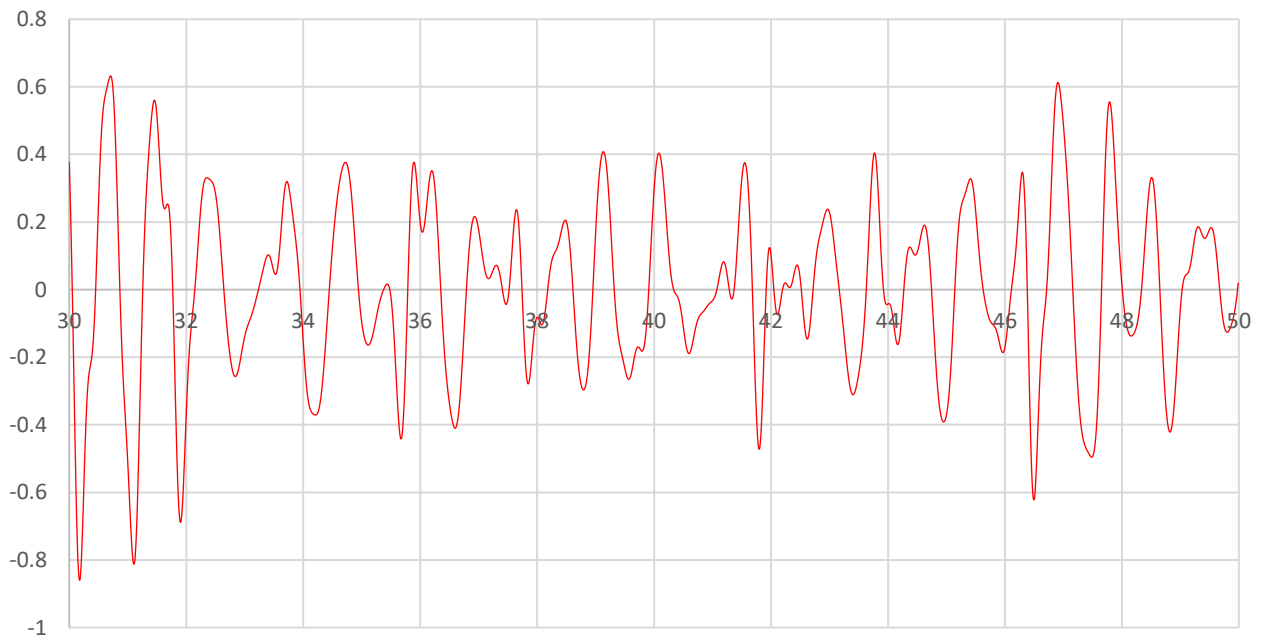


150Hzサンプリングによる解析

任意の20秒間（呼吸相当）



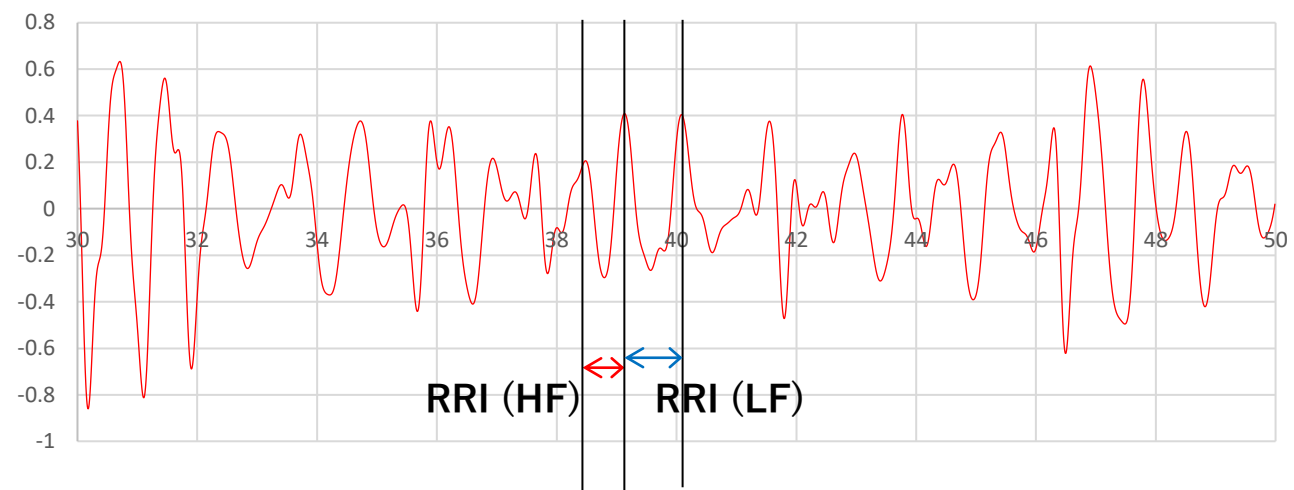
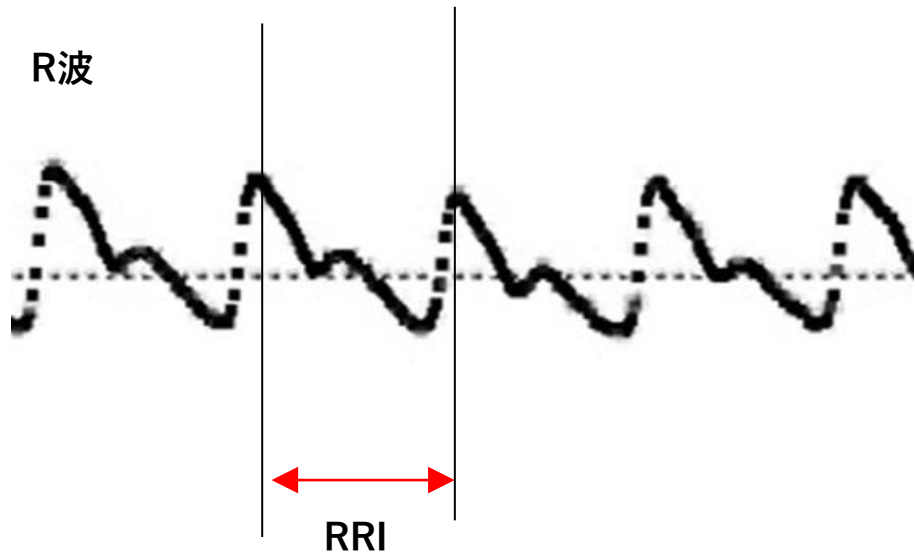
任意の20秒間（心拍相当）



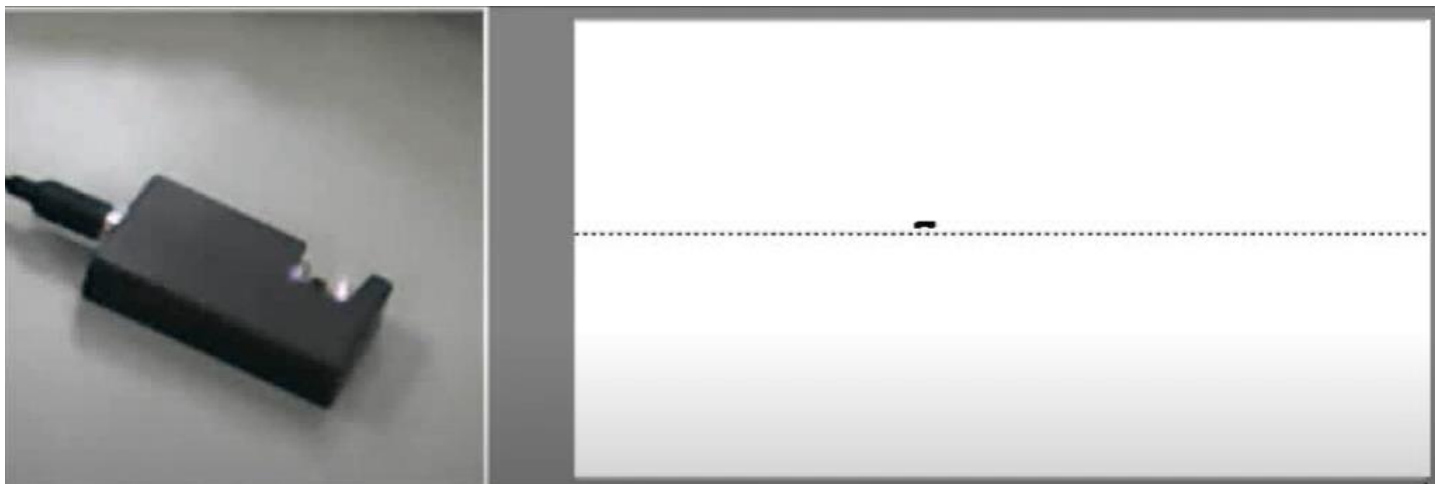
平均心拍 82 BPM
呼吸数 15 BPM 5 beat/20sec
心拍相当 82 BPM 27
beat/20sec



今後の取り組み (RRI変動及びHF/LF)



WIZ-1-Pによるデータ



参考：PPG およびパルスオキシメータ



60GHz 移動体検知センサー WIZ-1-P(SDK)



Debug Port

3.3V
RST
SWO
SWC
SWD
GND

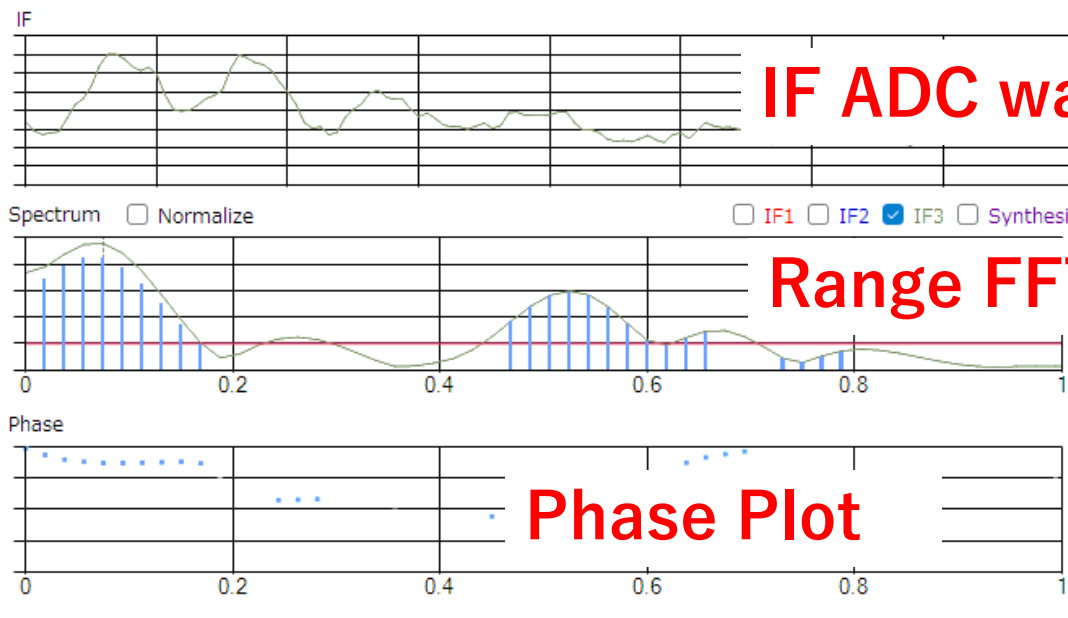
ソフトウェア・アルゴリズム開発支援のご提案

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
- IF Raw Data (ADC data) 取得可能
- 通信速度は USB IC 由来

WIZ-1-P

WIZ-1-P-GUI



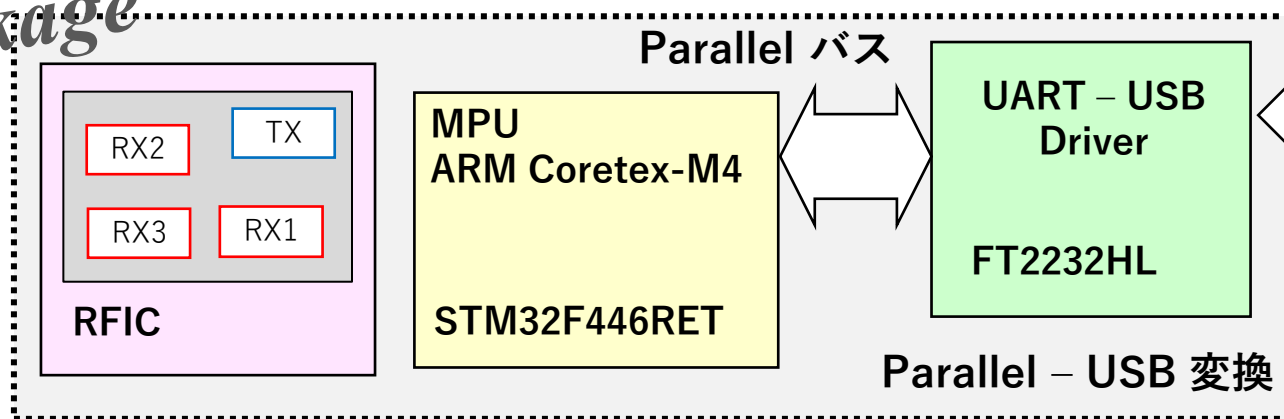
IF ADC waveform

Range FFT

Phase Plot

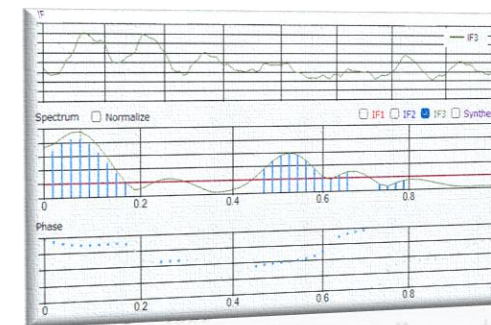
60GHz 移動体検知センサー WIZ-1 構成一覽

WIZ-1-P SDK Package

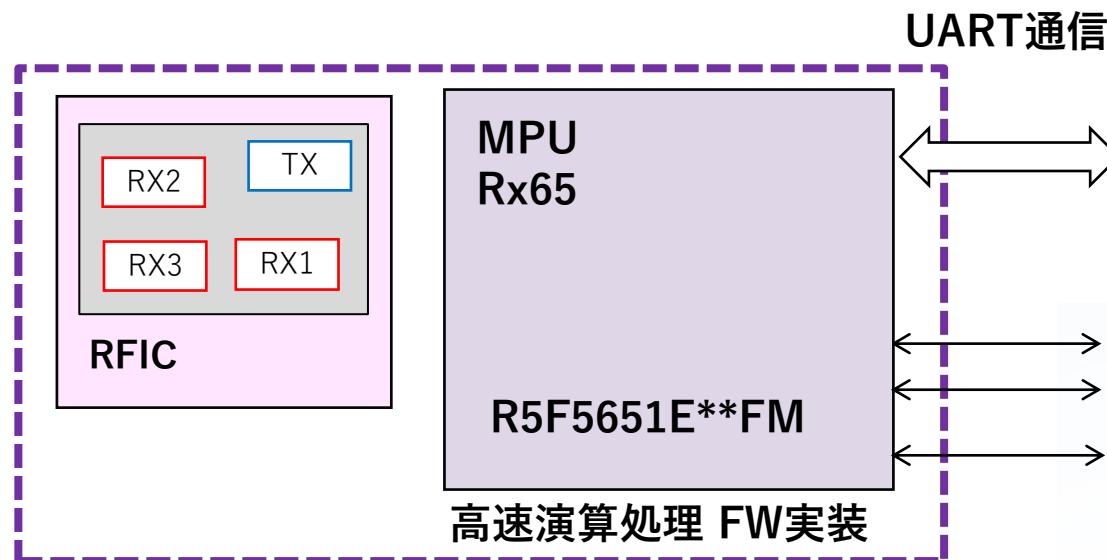


USB - OS (GUI)

- Raw ADC data 出力 (~ 150Hz)
- WIZ-1-P-GUI動作



WIZ-1-R4



UART - User application

高度な内部演算処理の結果を
高速にて出力可能

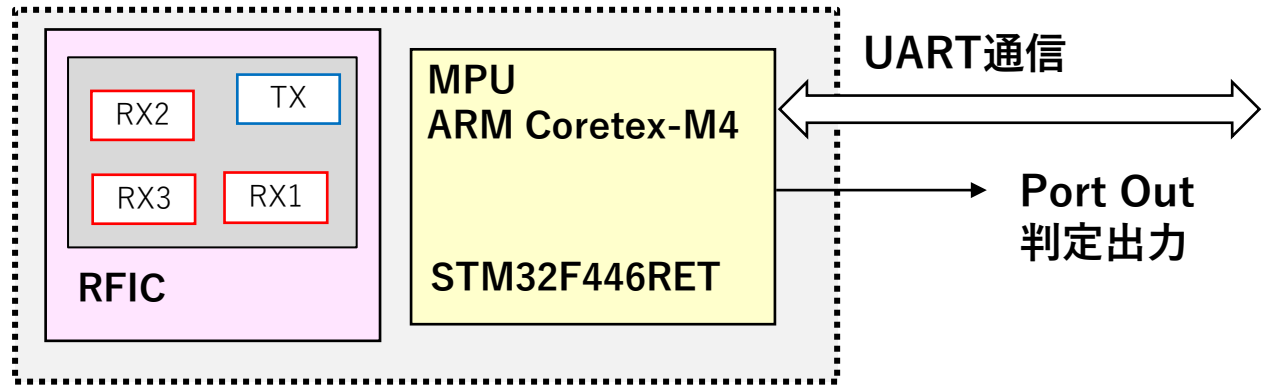
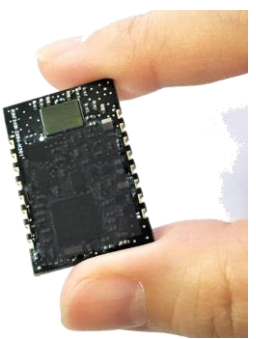
GPIO x 2
Port Out
Trig In

Debug



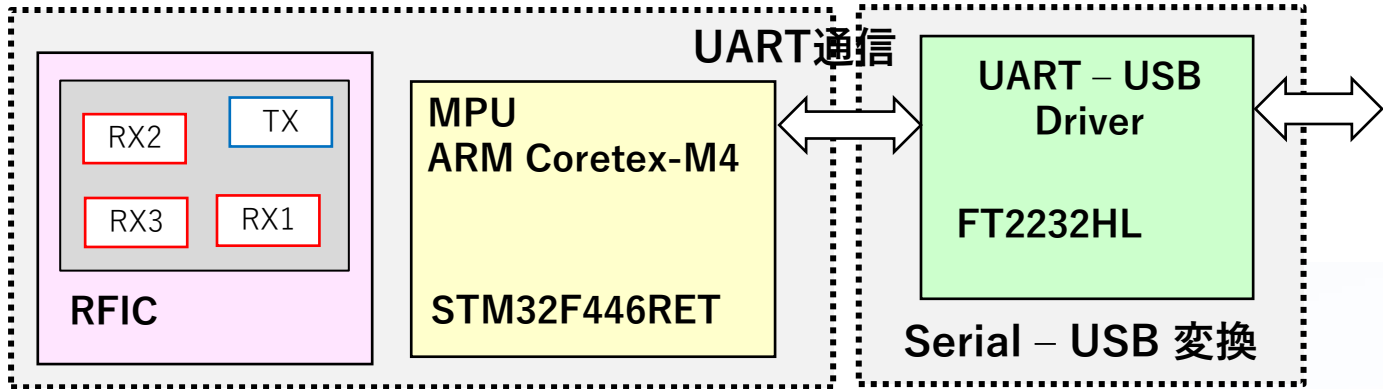
60GHz 移動体検知センサー WIZ-1 構成一覽

WIZ-1-R3



- UART - User application
- 距離FFT表示(10Hz)
 - 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



- USB - OS (GUI)
- 距離FFT表示(10Hz)
 - 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



60GHz 移動体検知センサー WIZ-1-R3

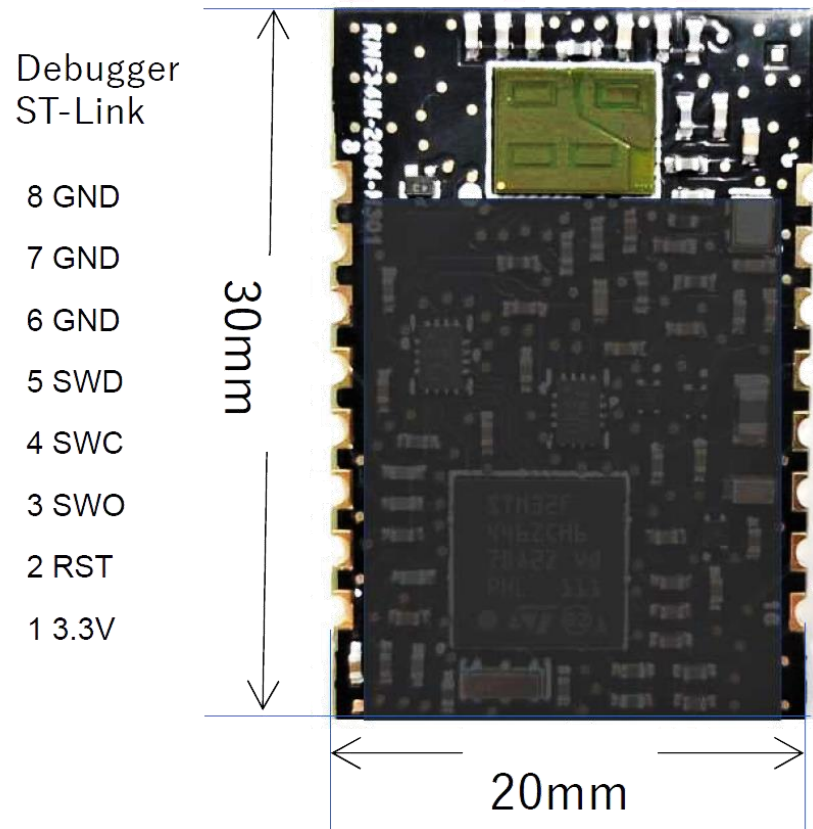
国内電波法技術適合審査取得
AIP（アンテナインパッケージ）デバイスを搭載
ローコスト、低消費電力を実現
送信1ch, 受信3ch により3次元の検知が可能
ARM Coretex M4 の採用にてBOMコスト削減
距離・角度・状態検出センサ

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
インタフェース	UART/ GPIO x2

R3

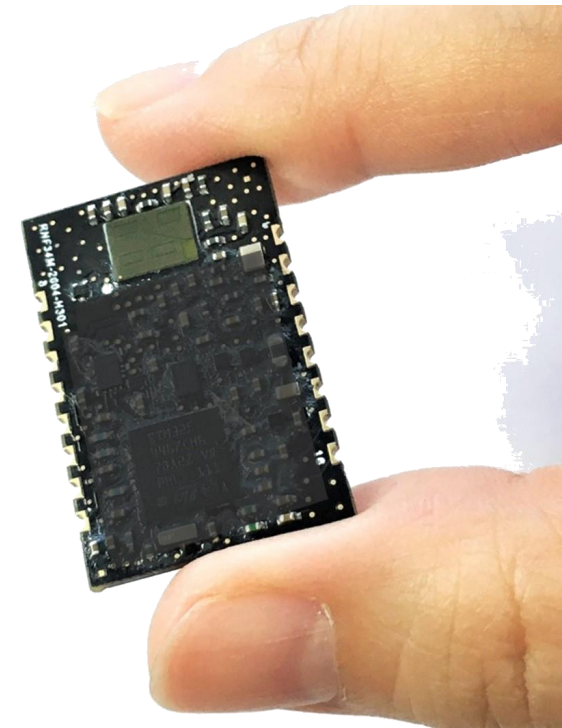


60GHz 移動体検知センサー WIZ-1-R3



Power Supply
UART (Hi Speed)

- 9 GND
- 10 GND
- 11 GND
- 12 5V
- 13 UART TX
- 14 UART RX
- 15 GPIO1
- 16 GPIO2



WIZ-1-R3



60GHz 移動体検知センサー WIZ-1-EVM 評価キット



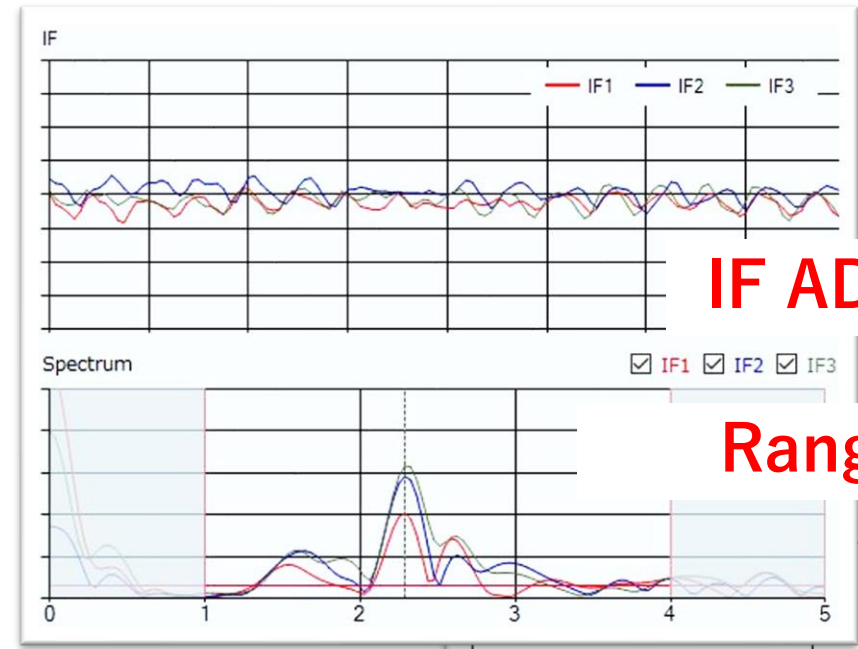
評価キットのご提案

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

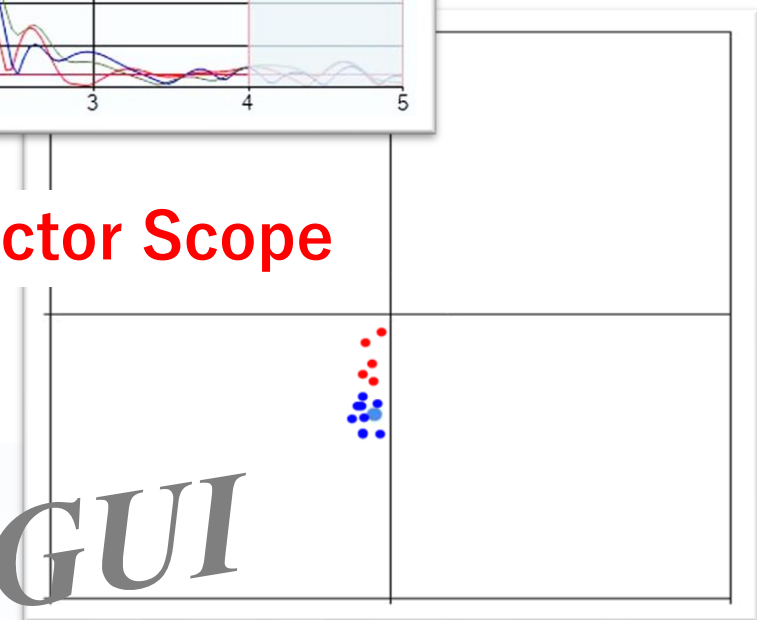
WIZ-1-GUI



IF ADC waveform

Range FFT

2D Vector Scope



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。

