

24GHz 帯マイクロ波センサ(MWS)

アプリケーションノート 1

シャープ株式会社 電子デバイス事業本部 セミコンダクター事業部

Ver.3 2017 年 7 月 12 日

《 アプリケーションノート 目次 》

1. マイクロ波センサ(MWS)の構成	
(1.1) 特長	3
(1.2) 24GHz帯MWSについて	3
(1.2.1) ドップラーシフト	3
(1.2.2) 接近・離反について	4
(1.3) ハードウェア構成	5
2. バイタル情報の検出について	
(2.1) 基本概念と構成	6
(2.2) ファームウェア構成	7
(2.3) PC波形ソフトについて	8
(2.3.1) ゼロマスク	8
(2.3.2) Body/Breath Ratio	8
(2.3.3) 心拍数・呼吸数の確度表示について	8
3. バイタルセンサの使い方	
(3.1) 基本配置	9
(3.2) バイタルセンサとしての計測距離	10
(3.3) 基本性能について	11
(3.3.1) 電氣的性能	11
(3.3.2) アンテナ放射パターンについて	12
(3.3.3) 入出力PINの処理について	13
(3.4) 実施例と測定精度	16
(3.4.1) 疑似生体信号モデルによる評価	16
(3.4.2) 生体による評価	23
(3.4.3) 要約	27

1. マイクロ波センサ (MWS) の構成

(1.1) 特長

24GHz 帯 MWS によるバイタルセンサは、弊社独自の RF 技術と独自信号処理・ファームウェアにより構成しています。本センサのアンテナから電波を胸部や背中及び腰部に、ワイアレスで照射することにより、体表面の微小な動きから、体動・呼吸・心拍信号を高感度に検出します。

(1.2) 24GHz 帯 MWS について

特定小電力 ARIB STD-73 に準拠した 24GHz 帯 センサです。この開放バンドの特徴は、特定小電力として、ユーザー側では免許不要バンドであり、マイクロ波センサに許可され、屋内、屋外問わず使用できる唯一のバンドです。本センサは、認証試験に合格したセンサです。

(1.2.1) ドップラーシフト

本MWSはドップラー センサであり、送信信号には無変調連続波(*continuous wave : CW信号*)を用います。ドップラー信号は 被測定物 (ターゲット) の移動速度に比例した周波数の信号 (ドップラーシフト、又はドップラー周波数) が出力されます。つまり、特定の振動源 (動体物) が(その場所で)振動している場合、振動周波数と同じ周波数信号 (ドップラー周波数) が出力されます。

ドップラーシフト (f_d) は、センサから照射された電波のビームが、動体物の振動方向と同じ場合 (3.1節での $\theta_1 = \theta_2 = 0$ 度) は、次式で表現されます。

$$f_d = (2 \cdot v \cdot f_o) / c \quad \text{---- (1)}$$

f_d : ドップラー周波数、 v : 動体物の移動 (振動) 速度、 f_o : マイクロ波センサの送信周波数、 c : 光速

本センサは、24GHz帯の電波を用いる場合、波長(λ)は $\lambda=12.4(mm)$ であることから、移動速度 v (mm/sec) とすると、 f_d (ドップラー周波数) は

$$f_d = 2 v / 12.4 \quad \text{---- (2)}$$

と表すことができます。

図1-2-1に、ドップラーセンサの送信周波数 $f_o = 2.4GHz/10.5GHz/24GHz$ 、とドップラーシフト(ドップラー周波数)の関係を示します。横軸の速さに対して、センサの送信周波数

が高いほうが、ドップラーシフトは大きくなります。生体の微細な動きをより高精度に検出することが可能となり、ドップラーセンサとしては24GHz帯では、体動・呼吸のみならず心拍までセンシングすることができます。

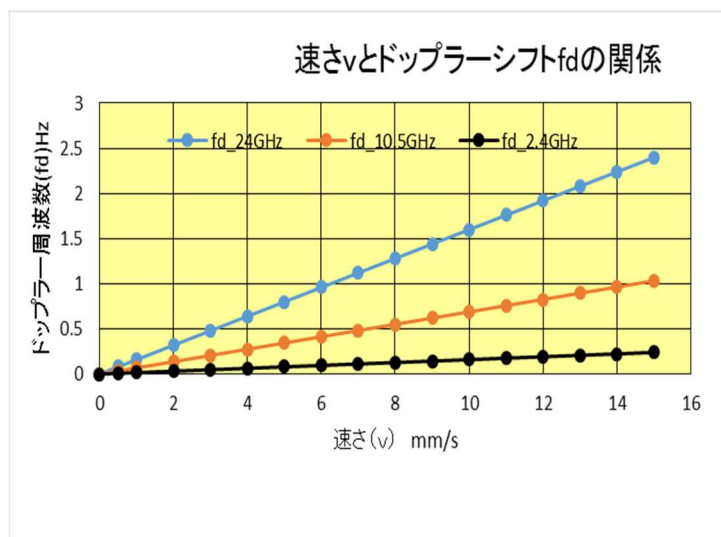


図1-2-1 ドップラーセンサの送信周波数 f_o とドップラーシフト f_d の関係

(1.2.2) 接近・離反について

受信周波数は、マイクロ波センサの I Q位相検波器（図1-3-2参照）を用いて、対象物で反射された反射波から位相が $\pi/2$ 異なる二つのドップラー（I 出力/Q 出力）を出力します。ターゲットが近づいてくるとき I 出力はQ出力より $\pi/2$ 進んだドップラー信号として得られ、逆に遠ざかっていく場合には、 $\pi/2$ 遅れた出力となります。信号処理により位相差の進み遅れを判定することで、ターゲットが近づいてくるのか、遠ざかっていくのか、接近離反を判別することができます。

(1.3) ハードウェア構成

本センサモジュールは、アンテナ面より 24GHz の電波を送信・受信し、ドップラー効果によりドップラー周波数を検出し、体動、呼吸と心拍を計測するものです。

下記、図 1-3-1 に信号処理部の構成を示し、図 1-3-2 にドップラーセンサ部の構成を示します。

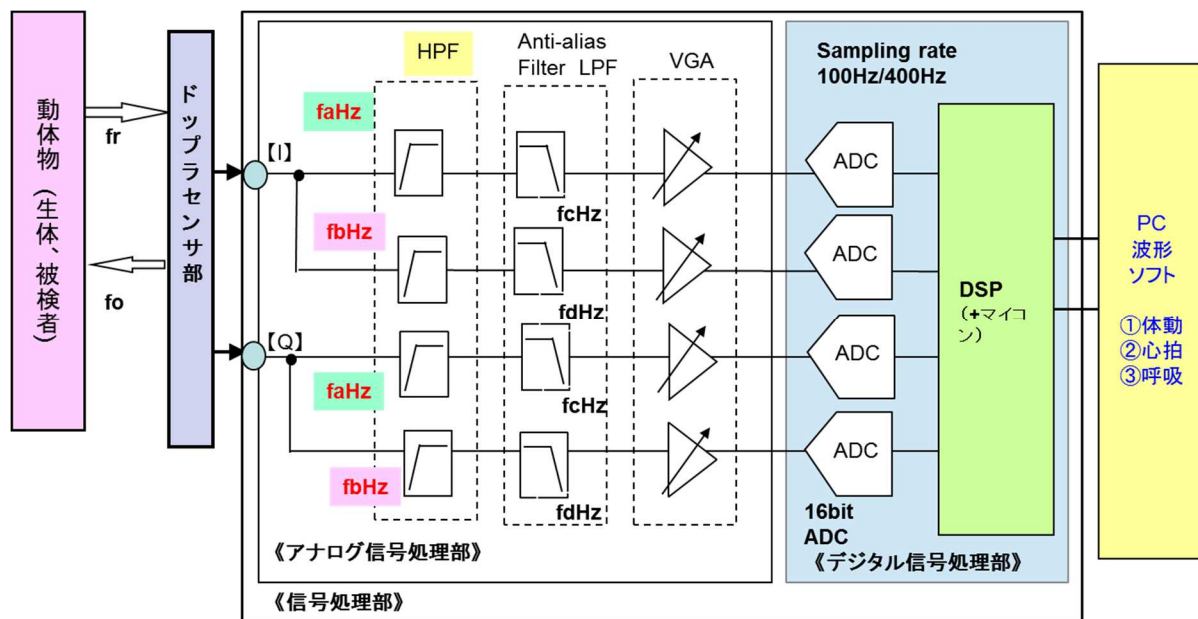


図 1-3-1 マイクロ波センサ(MWS)の信号処理部の構成

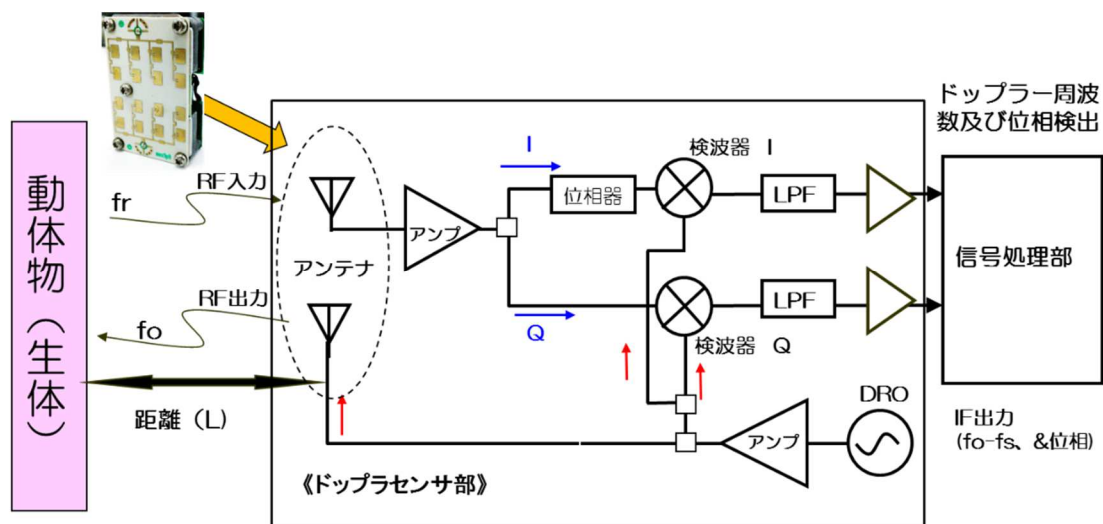


図 1-3-2 マイクロ波センサ (MWS) のドップラーセンサ部の構成

2. バイタル情報の検出について

(2.1) 基本概念と構成

バイタル検出の基本構成を図 2-1-1 に示します。本図に示しますように、成人での呼吸による胸の動きは 4mm～12mm、心拍による胸の動きは 0.5 mm 程度で、心拍による動きは呼吸による動きの約 1/10 です。そのため微細な動きを検出しやすい 24GHz 帯を送信周波数に用いています ((1.2) 参照)。

アンテナから受信した信号を IQ 検波し、ドップラー信号の $B_Q(t)$ 、 $B_I(t)$ を取り出しますが、 $B_Q(t)$ 、 $B_I(t)$ の夫々の信号は、体動信号であり、体動信号の中に呼吸、心拍の信号等が含まれますので、夫々信号処理によりフィルタリングし、呼吸信号、心拍信号を取り出す構成です。そのために、図 1-3-1 で示しましたように、ドップラーセンサ部のあと、アナログ信号処理により、フィルタリングと増幅し、個々の信号を取り出した後、DSP マイコンによりデジタル信号処理しています。

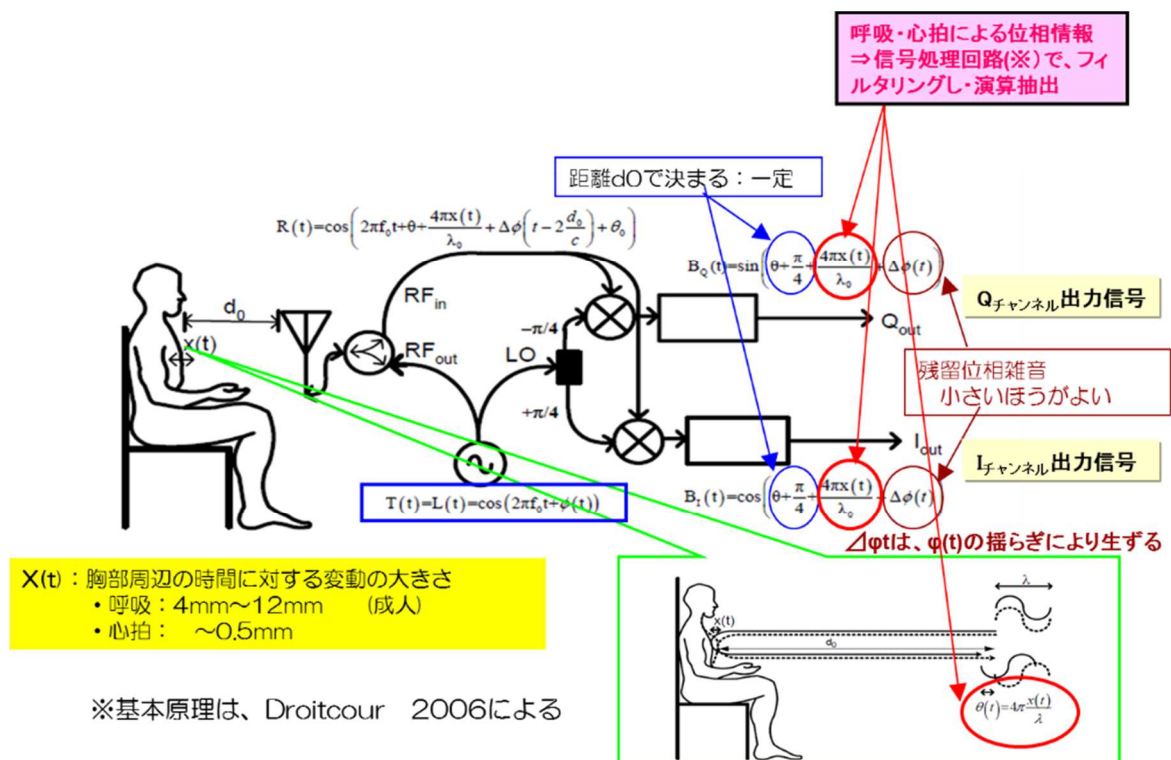


図 2-1-1 ドップラーセンサによるバイタル信号抽出の概念

(2.2) ファームウェア構成

DSP マイコン処理によるデジタル信号処理部の構成について、図 2-2-1 に示します。

アナログ信号処理の後、体動信号と呼吸信号と心拍信号を明確に分けるため、さらにデジタル信号処理により分離しています (※)。これら信号処理により分離された心拍信号、呼吸信号は、平静時は、周期性もった信号であり、周期性抽出のために FFT や自己相関関数等を用いて、基本周期を算出し、心拍数、呼吸数を演算しています。

心拍・呼吸成分とも、体動の影響等によるノイズの影響を低減するため、IQ の 2 チャンネルで計測した信号を平均化し心拍数・呼吸数を表示する構成です。

※呼吸数が大きい場合は、呼吸数は、平常時の心拍数に近くなり、本信号処理では、分離できなくなりますので、心拍数、呼吸数の抽出は出来ません。目安として、呼吸数は 45bpm 以上では、心拍信号と分離できません。

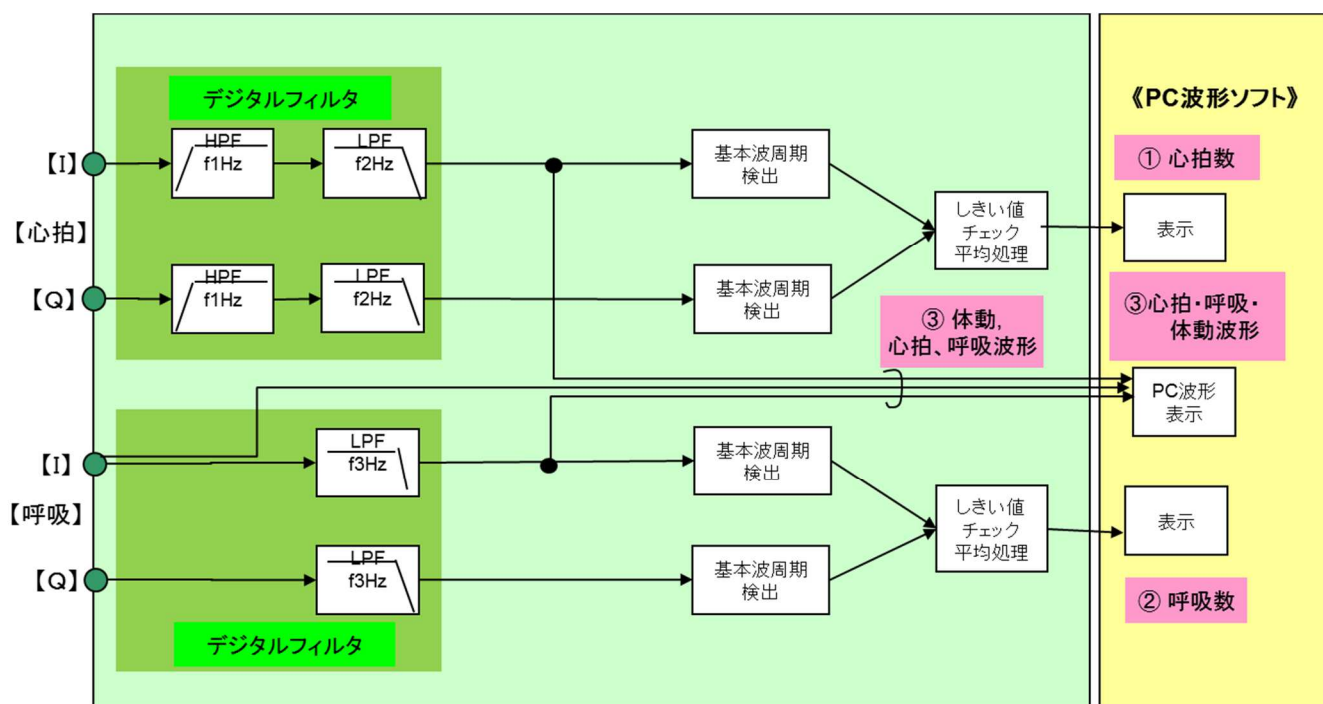


図 2-2-1 デジタル信号処理部の構成と、PC 波形ソフトの役割

(2.3) PC 波形ソフトについて

通信フォーマット（別途：通信仕様参照）に従って、MWS から主に心拍波形、呼吸波形、体動波形、心拍数、呼吸数を出力したものを表示するソフトであり、心拍数や呼吸数の演算等はありません（図 2-2-1 参照）。但し、本波形表示について、ご注意頂きたい事項について説明致します。詳細は、付録の PC 波形ソフトマニュアル参照ください。

(2.3.1) ゼロマスク

本波形ソフトでは、マイクロ波センサから送られてきた 5 秒間隔の心拍数と呼吸数について、N 回のゼロマスクを設定できるようにしています。例えば N=3 のときは、連続 3 回までは 0bpm が出ても、マスクし前回の値を表示しています。連続 4 回目からゼロ表示するようにしています。これは、心拍数、呼吸数については、周期性を演算していますが、心拍信号があっても体動等の動きの影響で、数秒間 0bpm をとることもあり、確実に信号がないときの 0bpm と区別するためです。

お客様のシステムでも、ゼロマスク処理を使用されることを強く推奨致します。

(2.3.2) Body/Breath Ratio (BB Ratio)

本マイクロ波センサで独自に定義しているパラメーターについて、説明します。

●BB Ratio

身体の動き量を示す指標として、BB Ratio を定義しています。

$$\text{BB Ratio} = (\text{体動振幅値} / \text{呼吸振幅値}) \times 1,000$$

不要な身体の動きがあると、本マイクロ波センサの心拍数・呼吸数演算精度は影響を受けます。

一般的な目安として、BB 値は 1400 以下、望ましくは 1,200 以下でないと、心拍数・呼吸数は確度のある値は得られません。

なお、呼吸数 0bpm のとき（人が居ないとき）は、1,000 と表示します。

(2.3.3) 心拍数・呼吸数の確度表示について

上記、身体の動きがあると心拍・呼吸の精度に大きく影響することから、一つの目安として、心拍数・呼吸数に確度表示を、上記 BB Ratio の値に応じて、0~4 段階に分けて上記、文字色と背景色を変えて表示しています。詳細は、付録の PC 波形ソフトマニュアルを参照ください。尚、本確度はあくまでも参考値であり、本確度を用いて、心拍数・呼吸数との演算等は推奨致しません。

3. バイタルセンサの使い方

(3.1) 基本配置

マイクロ波センサは、マイクロ波帯 24GHz 帯の電波を使用しており、指向性を有した送信アンテナ・受信アンテナを一体化しドップラーセンサを構成しています。図 3-1-1 に示すように、本センサ設置の際、感度が高くなる設置方法が存在し、電波（光）の反射法則であるスネルの法則に従います。

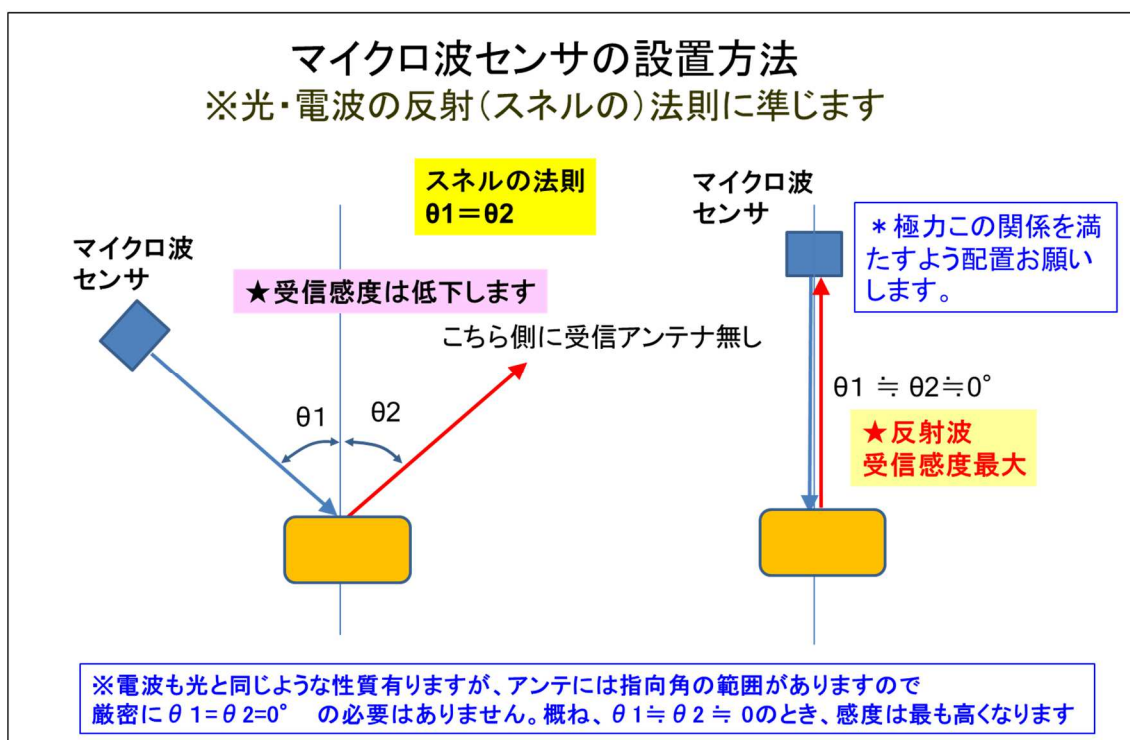


図 3-1-1 マイクロ波センサの基本設置方法

(3.2) バイタルセンサとしての計測距離

推奨する本センサのアンテナ面から人体・胸部までの推奨距離は 60 cm~100 cm 程度です。腰部では数 cm~10 cm 程度、背中部では、数 cm~30 cm 程度の範囲になり、環境に応じて適宜調整下さい。また、人体の横面や腕・足等からの脈波の検出は困難です。

図 3-2-1 に、座った状態で、本センサから、胸部にマイクロ波を照射した際の心拍呼吸の距離特性の一例を示します (Calibration 実施後)。本距離特性は、人によって胸の大きさや拍動の大きさが異なるため、個人差があります。

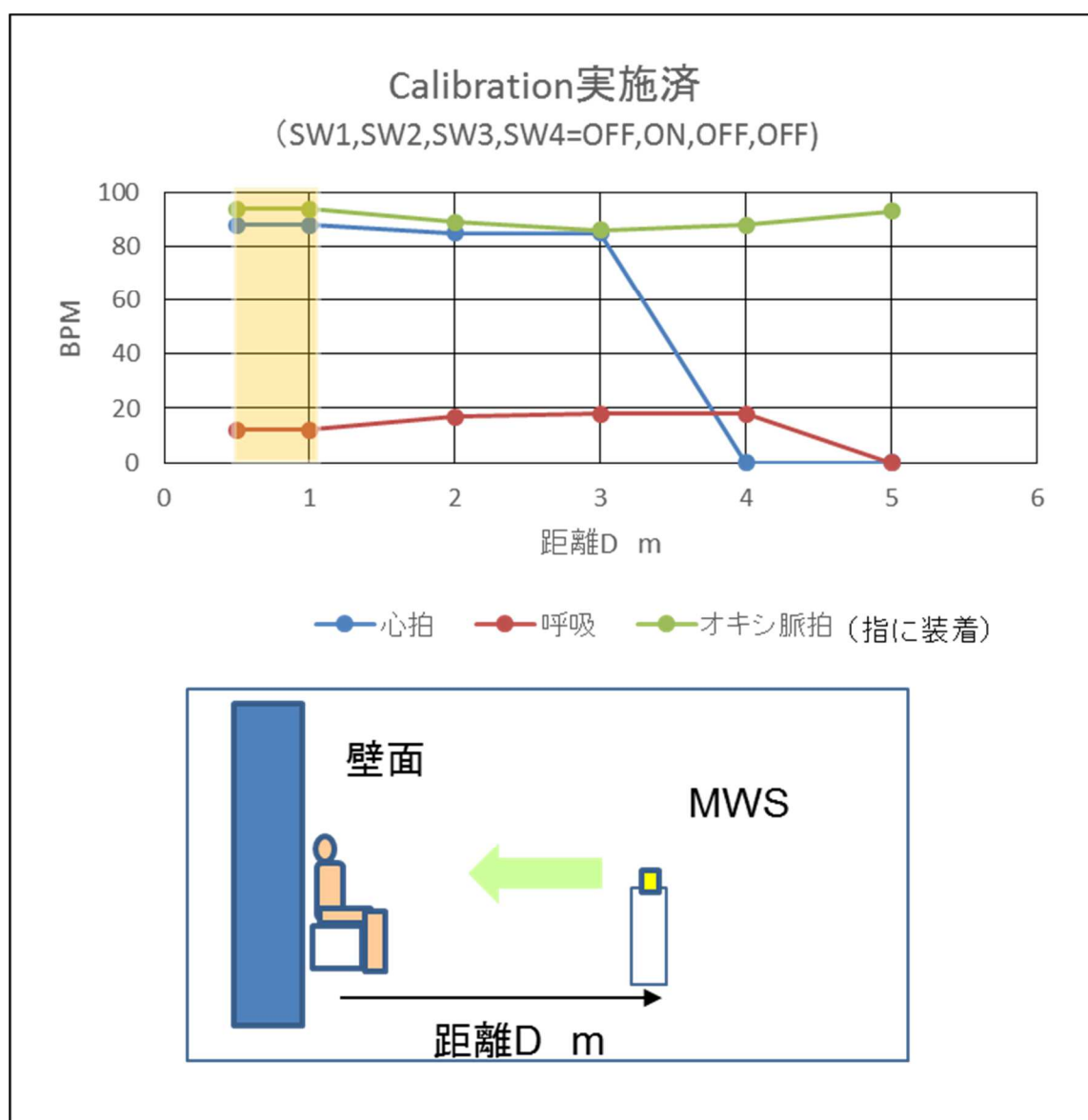


図 3-2-1 マイクロ波センサの距離特性

(3.3) 基本性能仕様について

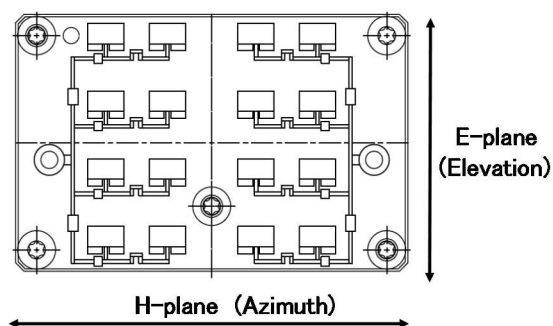
(3.3.1) 電気的性能

表 3-3-1 に基本電気的性能を示します。

表 3-3-1 基本電気的性能

常温: 24±3℃, 常湿 : 50±10% R H (Temperature: 24±3℃, Humidity : 50±10%RH)

項目 Parameter	記号 Symbol		最小 min.	標準 typ.	最大 max	単位 Unit	備考 Note
出力周波数 Output frequency	f		24.05	24.1	24.25	GHz	
出力電力 Output power	Pout				10	dBm	
アンテナ特性 Antenna angle	H-plane			30		deg.	Azimuth
	E-plane			25		deg.	Elevation
アンテナゲイン Antenna gain	H-plane			10		dBi	Azimuth
	E-plane			10		dBi	Elevation
温度ドリフト Temperature drift	Δf			0.1		MHz/ ℃	-20～50℃
電源電圧 Supply voltage	Vin		3.20	3.3	3.60	V	
消費電流 Consumption Current	I		80	100	130	mA	
動作温度 Operating temperature	Top		-20		50	℃	



(3.3.2) アンテナ放射パターンについて

本マイクロ波センサに使用している 8 素子平面アンテナ自体の放射パターン特性について、図 3-3-2-1 に示します。(本アンテナの配置方向は表 3-3-1 中の挿入図のモジュール方向に従います)

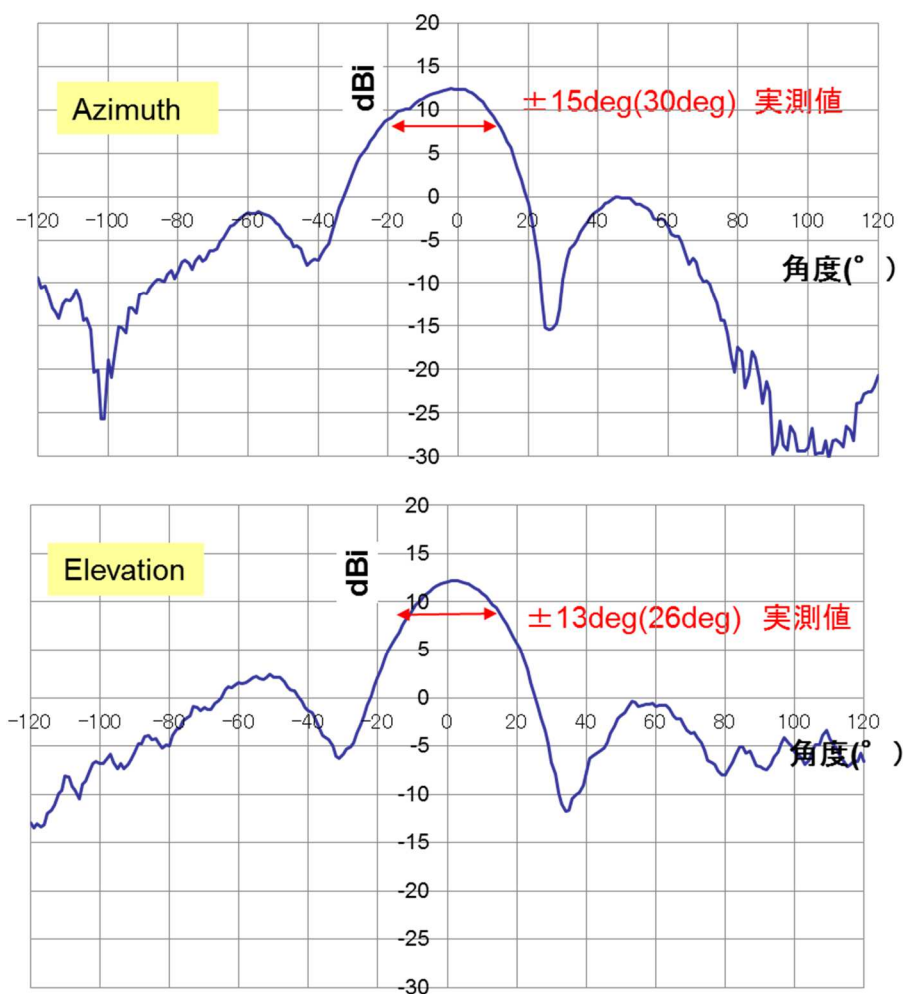


図 3-3-2-1 8 素子平面アンテナの放射パターン(測定値)

※お客様の筐体設計にあたって：

本センサのアンテナの性能を損なうことがないように、本アンテナ面の樹脂の厚さは 1 mm～2.0 mm (MAX)、アンテナ面から樹脂までの空間の隙間は 6mm±1 mmの範囲で作成をお願いします。

本筐体の樹脂（プラスチック）の材質は、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ABS 等の誘電率（5 以下）の小さいものを推奨いたします。本筐体設計については P15 の注意事項、放熱に関してもご配慮頂きます様お願い致します。

(3.3.3) 入出力 PIN の処理について

マイクロ波センサ IF の入出力 PIN 配置表を表 3-3-3-1 に示します。

表 3-3-3-1 入出力 PIN 配置表

Pin No.	Symbol	Description
1	CAL	Calibration SW
2	RXD	UART
3	TXD	UART (Data output)
4	SW1	For setting switch
5	SW2	For setting switch
6	SW3	For setting switch
7	SW4	For setting switch
8	V	DC +3.3V
9	GND	Ground

(3.3.3.1) 9PIN 接続コネクタとケーブルについて

- ・Housing : TBD (参考) JST 製 SHR-09V-S-B ※コンタクト&ケーブル : JST 製、長さを指定したケーブルに、SSH-003T-P0.2-H のコンタクトを装着。

(参考) <http://www.jst-mfg.com/product/pdf/jpn/SH.pdf>

(3.3.3.2) PIN2、3 の UART 端子

- ・PIN2 : RX 端子 (センサへの DATA 入力端子です)
- ・PIN3 : TX 端子 (センサ本体から DATA を出力しています)

※ご注意 : お客様基板上のコントローラにおいて、RX と TX の接続に、ご注意ください。

※以下の(3.3.3.3)SW 端子処理と (3.3.3.4) Calibration 端子の処理に関しては、UART コマンドによるソフトウェア制御でも対応可能です (付録の UART 通信仕様をご参照ください)

(3.3.3.3) PIN4～PIN7 の SW 端子

本センサはモード設定や感度の切替が出来ます (図 3-3-3-1 の設定情報も参照)。使用されるセッティング状態での実験を踏まえてご決定ください。(評価キットもぜひご利用ください)

そのセッティングに応じて、お客様基板側で端子の処理をお願いします。

(弊社信号処理基板中でプルアップ処理おこなっています)

- ・SWITCH OFF (入力レベルは 1) にする場合 : OPEN
- ・SWITCH ON (入力レベルは 0) にする場合 : グランドショート

(3.3.3.4) PIN1 の CALIBRATION 端子 タクトスイッチ (Tactile switch)について

本センサは、高感度化するためにキャリブレーション機能を持っています。詳細は、次節 3.3.3.5 を参照ください。

- ・本機能をご利用になる場合は、PIN5 の SW2 は ON にし、PIN 1 のお客様基板にタクトスイッチつけてください。
- ・トグルスイッチ (ON と OFF が保持される) は好ましくありません。タクトスイッチ (押せば ON、離せば OFF) をご使用ください。
- ・この機能をご利用にならない場合は、PIN5 の SW2 は OFF にし、タクトスイッチは不要で PIN1 は OPEN で構いません。

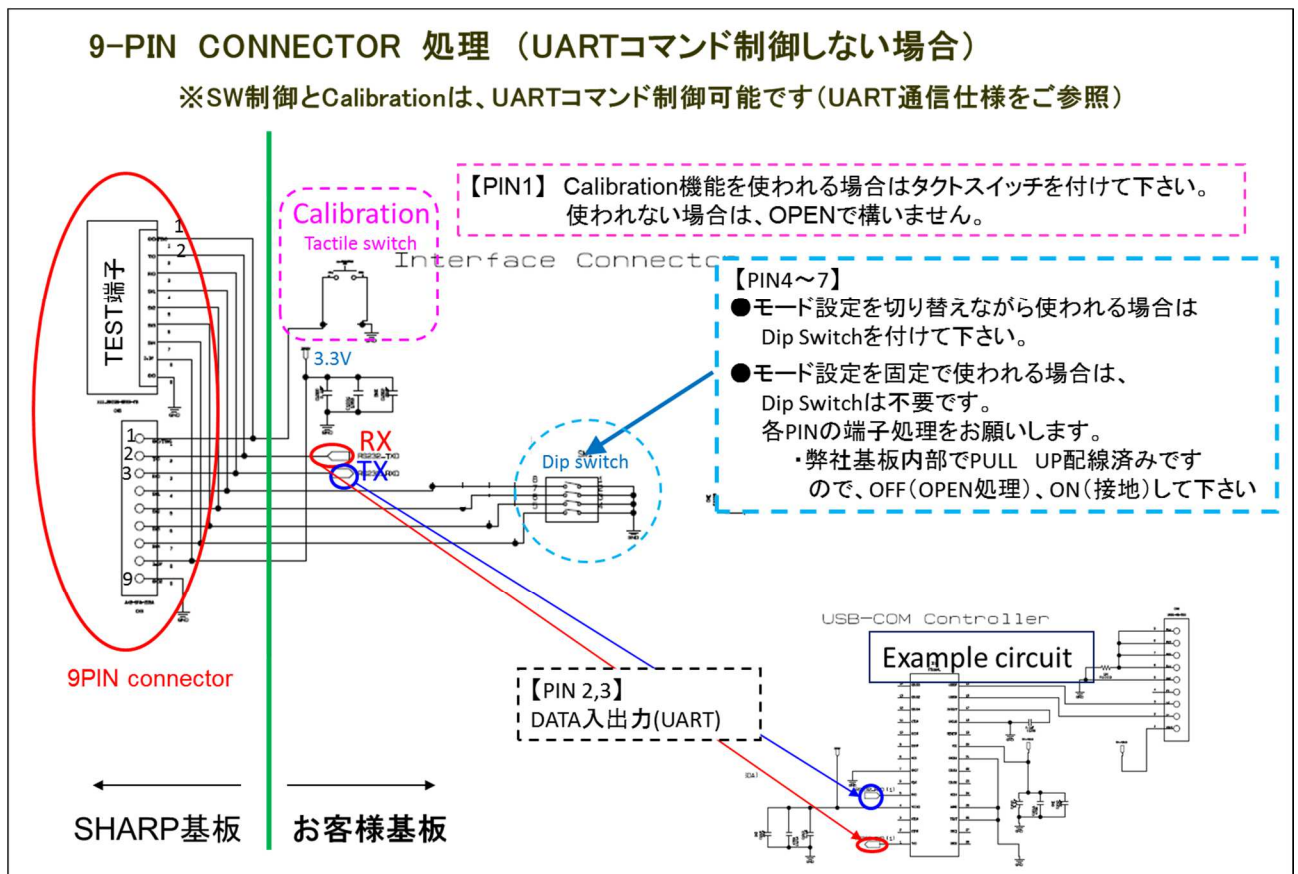


図 3-3-3-1 9-PIN、入出力端子の処理

(3.3.3.5) SW1(PIN4) ～SW4(PIN7) の設定について（感度切り替え）

＜対象のファーム：S073 ＞

◎推奨設定は、SW1、SW2、SW3、SW4=ON、ON、ON、ON です

《SW1》心拍側の LPF 切り替え

- ・ OFF：可変 LPF 動作、部屋の振動等がある場合に使用ください。
- ・ ON：LPF20Hz 固定、通常はこちらを使用ください。

《SW2》キャリブレーション切り替え

- ・ OFF：キャリブレーション無し ※(SW4 で閾値切替)
- ・ ON：キャリブレーションあり ※(SW4 で閾値切替)

《SW3》心拍の計測レンジ

- ・ OFF：心拍 67～250 bpm （以下 67mode と呼びます）
※通常心拍が 70 以上の方はこちらでご使用ください。
- ・ ON：心拍 48～250bpm （以下 48mode と呼びます）
※通常、こちらで使用ください

《SW4》心拍閾値（呼吸閾値）の切り替え

- ・ OFF：閾値小、感度高い
- ・ ON：閾値大、感度低い

(3.3.3.6) Calibration について

- ・ 上記 SW2 ON の場合

タクトスイッチを押すと、キャリブレーションが約 1 分で完了します。

- ・ 約 20 秒後から、信号レベルをノイズレベルとして計測し始めます。
- ・ 約 60 秒後に、キャリブレーション動作を完了します。ノイズレベルの閾値を計算してモジュール内に記憶します。以降、電源を切っても、キャリブレーションの閾値は保持します。

★キャリブレーションは、ご使用される環境及びシステムで、電源 ON 後 20 分以上のウォーミングアップ動作後、測定対象及び動体物のない状態で行ってください。キャリブレーション中は、室内から出て行かれることを推奨します。

《その他、ご注意事項》

1. ベッドで使用される場合は、キャリブレーションありのご使用を推奨いたします。
（導入時に 1 回キャリブレーションすれば OK です）。
2. 心拍・呼吸数値は、使用しているフィルタ及び関数演算の性質により、開始から 1 分くらいまでの精度は高くありません。
3. 体動が大きい場合も心拍・呼吸数は不正確になります。
4. 本センサ、1 時間以上の連続動作でお使いの場合、お客様の筐体には、熱がこもらない様、放熱穴等を設けて頂きます様お願い致します。

(3.4) 実施例と測定精度

(3.4.1) 疑似生体信号モデルによる評価

心拍信号+呼吸信号の疑似生体信号モデルとして、2 信号を用いた疑似生体評価系での結果を以下に示します。

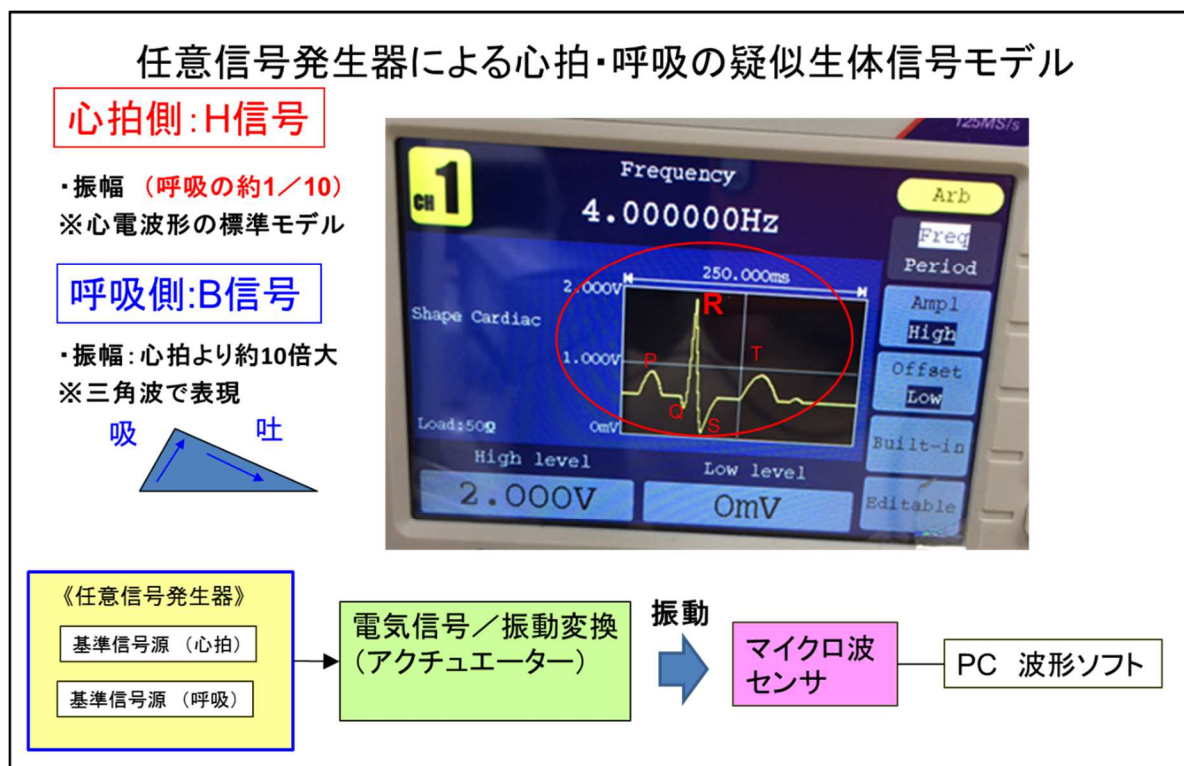


図 3-4-1-1 心拍・呼吸の疑似生体信号モデル

本疑似生体信号モデルでは、電気信号を振動信号に変換し、この振動信号を、マイクロ波センサでセンシングして評価します。本評価系を図 3-4-1-1 に示し、そのセンシング波形例を、図 3-4-1-2 (B 信号無しの場合、H 信号のみ、LPF20Hz) と、図 3-4-1-3A (B 信号重畳ありの場合、LPF20Hz) の場合を示す。これは SWITCH1=ON、固定 LPF モードでの評価になります。

電気信号から一旦、振動信号に変換されても、マイクロ波センサの体動信号部に現れる信号波形は、入力 H 信号の PQRST 波形を表現できています。また、マイクロ波センサの心拍信号部に現れる波形では、帯域制限のために幾分波形が崩れるものの PQRST 波形を判別可能です。

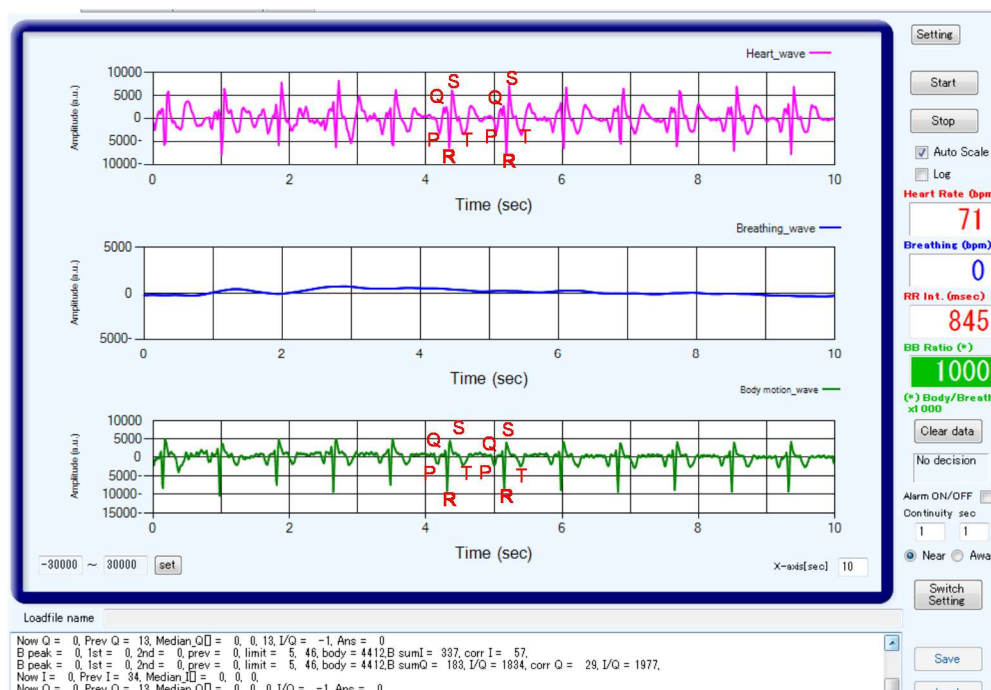


図 3-4-1-2 マイクロ波センサでのセンシング波形

(B 信号無しの場合、H 信号のみ 1.2Hz[72bpm]、LPF20Hz[SW1=ON])

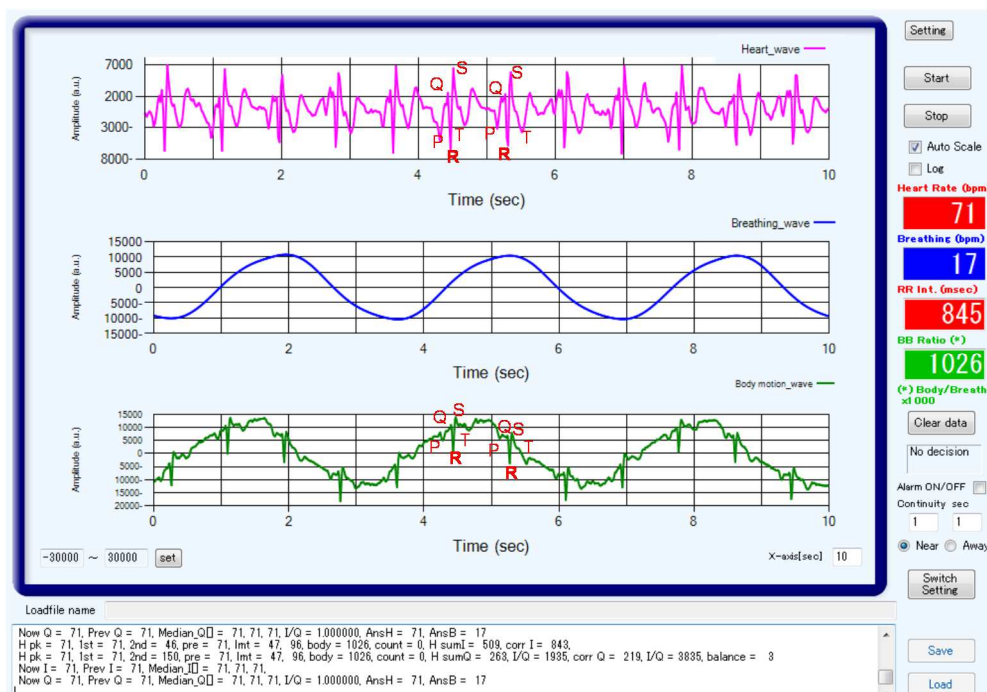


図 3-4-1-3A マイクロ波センサでのセンシング波形

(図 3-4-1-2 の H 信号に加え、B 信号 0.3Hz[18bpm]重畳ありの場合、LPF20Hz[SW1=ON])

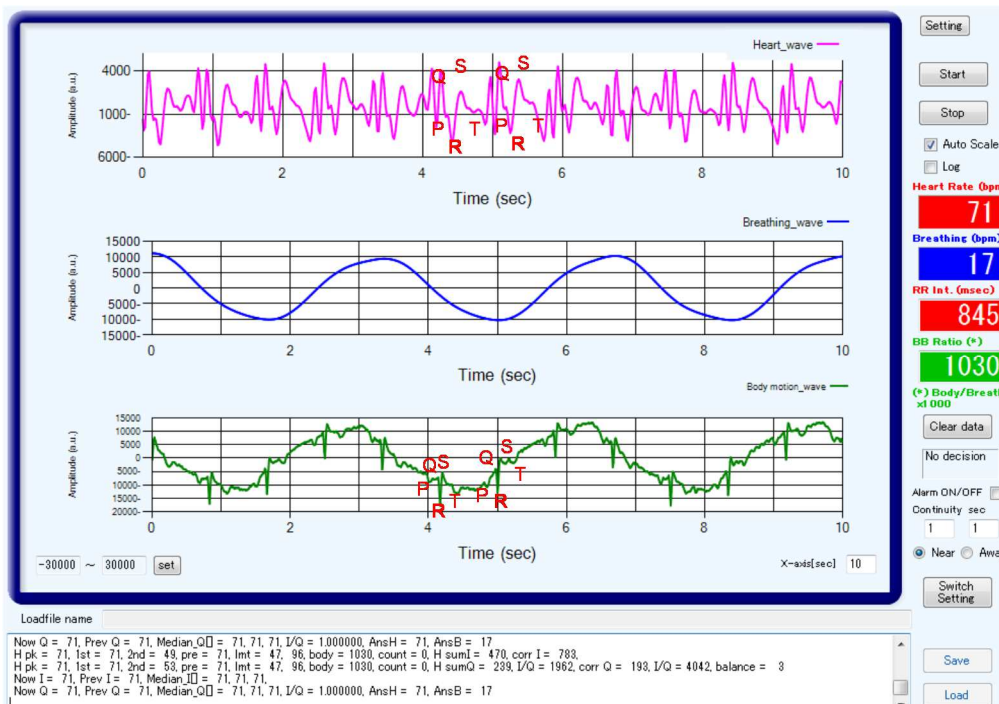


図 3-4-1-3B マイクロ波センサでのセンシング波形

(図 3-4-1-2 の H 信号に加え、B 信号 0.3Hz[18bpm]重畳ありの場合、LPF10Hz[SW1=OFF])

さらに、心拍側のデジタル LPF の帯域が 10Hz のものを図 3-4-1-3B に示す (SWITCH 1=OFF の可変 LPF モード)。LPF 帯域 20Hz から 10Hz に帯域狭めると、心拍信号の RR 波形は、幾分不明瞭になりますが、周期性を判別し心拍数を求めることは可能です。

- ・ 疑似生体信号モデルでの、心拍数計測結果を、図 3-4-1-4 (a) (b)に示します。
 - ① 48 モード (SW3 : ON、48bpm～) 150bpm まで計測可能。
 - ② 67 モード (SW3 : OFF、67bpm～) 250bpm まで計測可能。
- ・ 呼吸数計測結果については、図 3-4-1-4 (c) に示します。呼吸信号設定値と計測値は一致していますが、高い呼吸数時は心拍側への影響が見られますが、正常な心拍値を取得しています (図 3-4-1-12)。
- ・ 代表的な評価波形を、図 3-4-1-5 ～ 図 3-4-1-12 に示します。

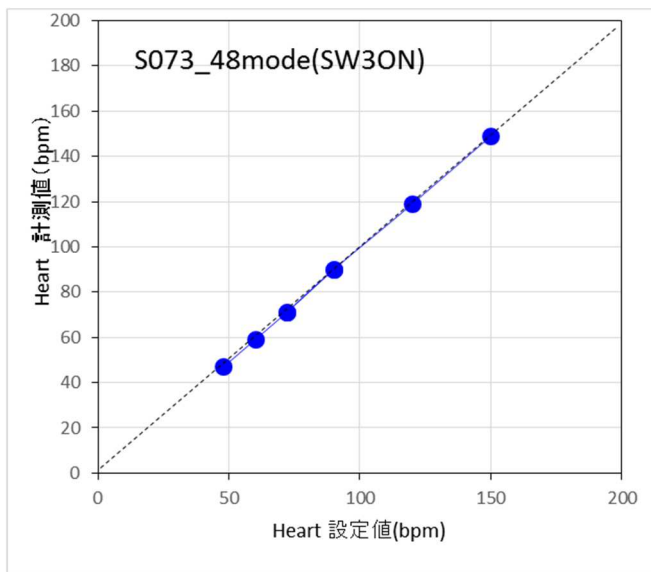


図 3-4-1-4 (a)

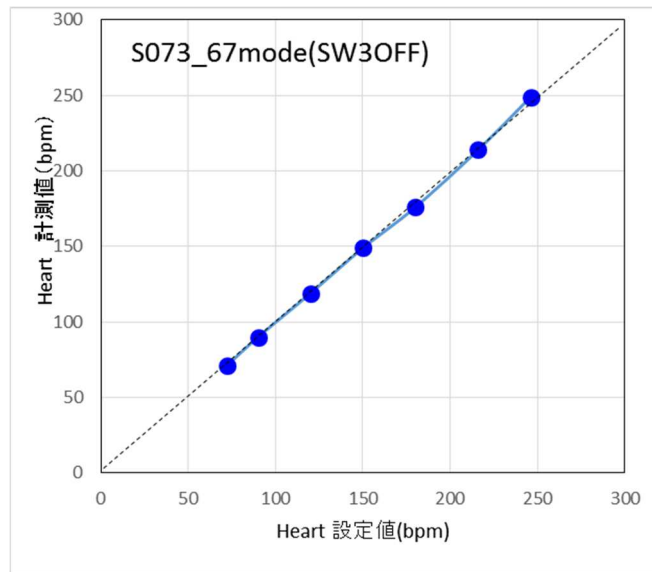


図 3-4-1-4 (b)

図 3-4-1-4 心拍数計測結果 (2 信号入力、呼吸は 0.3Hz[18bpm]に固定)

(a) 48 モード (SW3:ON)

(b) 67 モード (SW3:OFF)

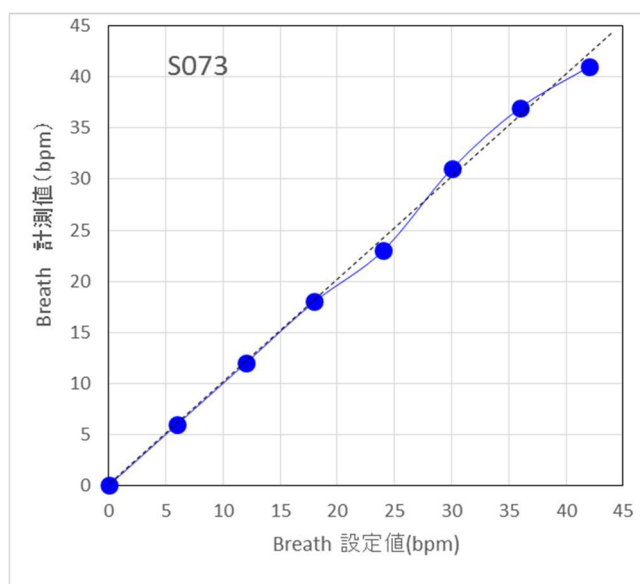


図 3-4-1-4 (c) 吸数数計測結果

(2 信号入力、心拍は 1.2Hz[72bpm]、SW3ON[67mode]に固定)

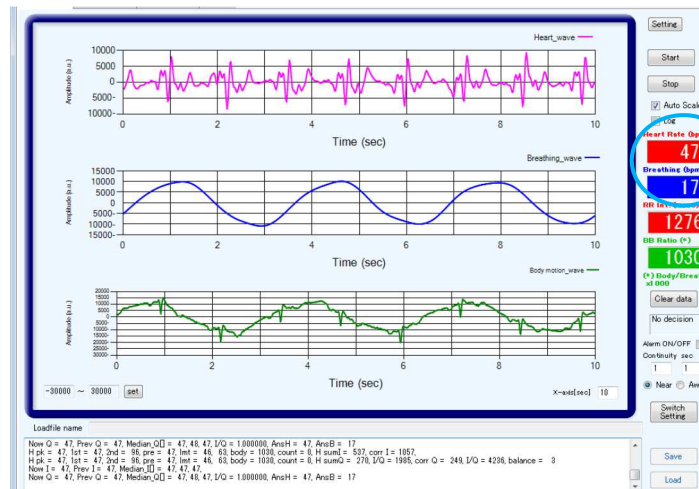


図 3-4-1-5

設定心拍数 0.8Hz (48bpm)

設定呼吸数 0.3Hz (18bpm) (固定)

SW3 : ON (48mode)

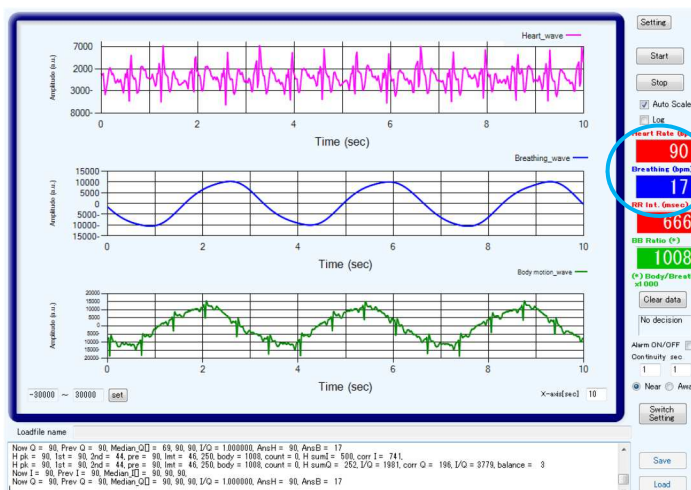


図 3-4-1-6

設定心拍数 1.5Hz (90bpm)

設定呼吸数 0.3Hz (18bpm) (固定)

SW3 : ON (48mode)

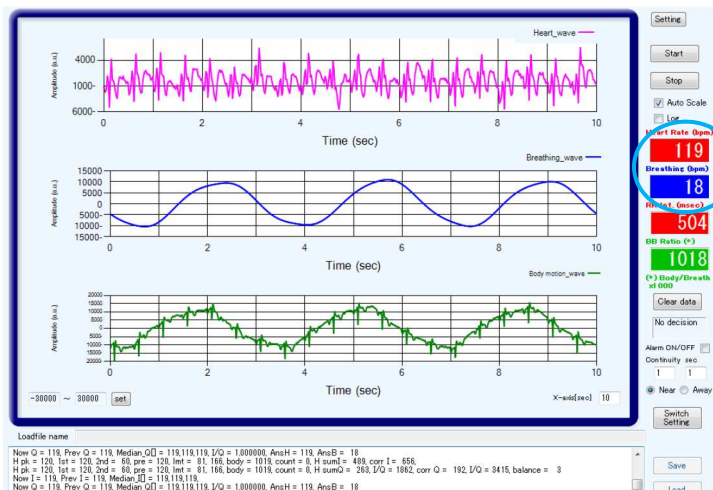


図 3-4-1-7

設定心拍数 2.0Hz (120bpm)

設定呼吸数 0.3Hz (18bpm) (固定)

SW3 : ON (48mode)

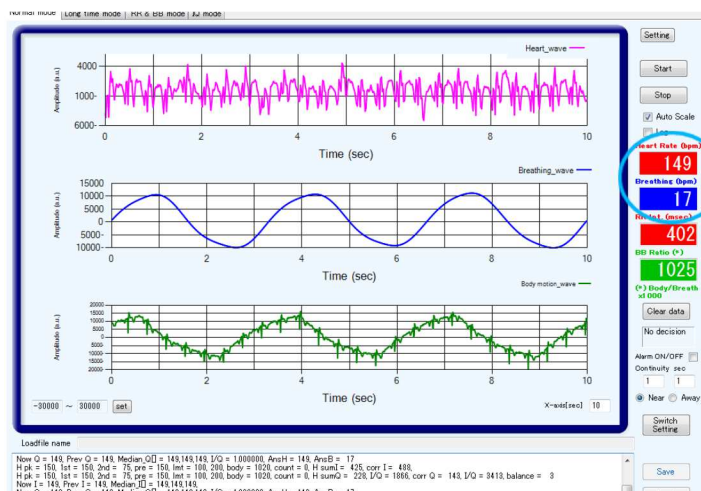


図 3-4-1-8

設定心拍数 2.5Hz (150bpm)

設定呼吸数 0.3Hz (18bpm) (固定)

SW3 : ON (48mode)

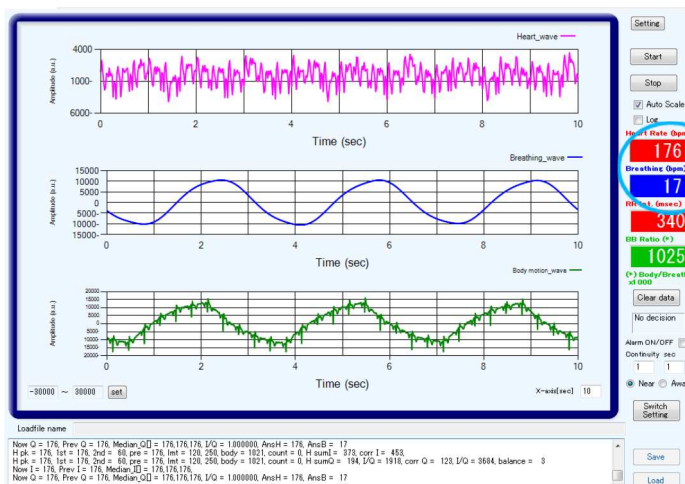


図 3-4-1-9

設定心拍数 3.0Hz (180bpm)

設定呼吸数 0.3Hz (18bpm) (固定)

SW3 : OFF (67mode)

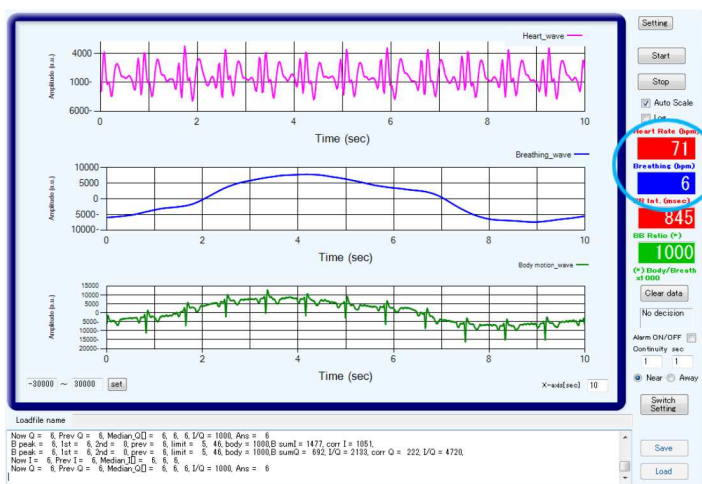


図 3-4-1-10

設定心拍数 1.2Hz(72bpm) (固定)

設定呼吸数 0.1Hz (6bpm)

SW3 : ON (48mode)

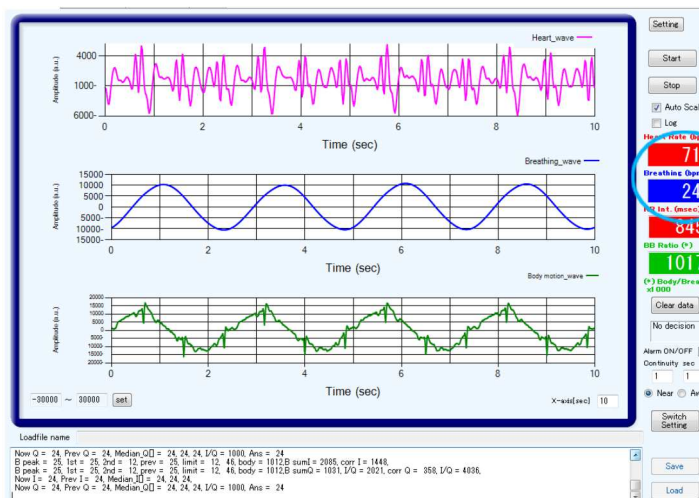


図 3-4-1-11

設定心拍数 1.2Hz(72bpm) (固定)

設定呼吸数 0.4Hz (24bpm)

SW3 : ON (48mode)

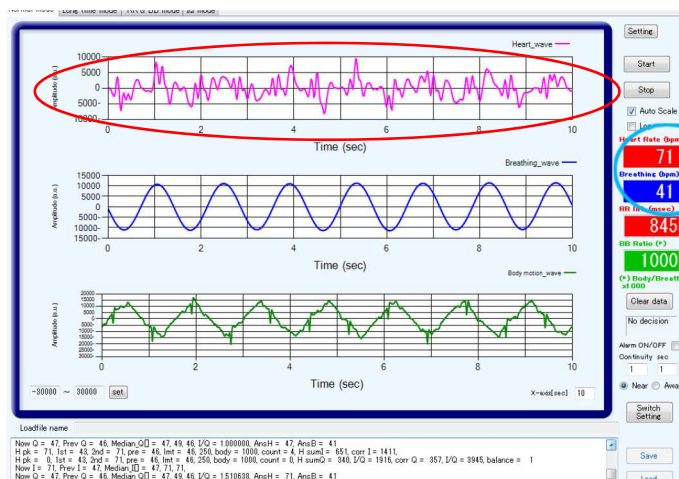


図 3-4-1-12

設定心拍数 1.2Hz(72bpm) (固定)

設定呼吸数 0.7Hz (42bpm)

SW3 : ON (48mode)

※呼吸数上がると心拍波形乱れますが、正常な心拍値を取得しています。

(疑似生体信号モデルのまとめ)

疑似生体信号モデルによる心拍数、呼吸数について取得できる範囲は下記のようになります。

(1) 心拍数について

・本ファームウェア S073 では、心拍数 48 モードでは 48～150bpm、67 モードでは 67～250bpm まで対応できています。

(2) 呼吸数について

・本ファームウェア S073 では、呼吸数は 0～42bpm まで計測できます。

(3.4.2) 生体による評価

椅子に着座し、平静状態での生体による評価を、接触型パルスオキシメーターとの比較(乖離率)にて示します。

【実験条件】

- ・SW 設定 : ①SW1、SW2、SW3、SW4 = ON、OFF、ON、OFF (48 モード)
③ SW1、SW2、SW3、SW4 = ON、OFF、OFF、OFF (67 モード)
- ・被験者 : 椅子に着座して、センサに正対。センサとの距離は、60～70 cm。
指にパルスオキシメーター(POM)を装着し、この値を基準値とします。
- ・ファームウェア : S0.73

【比較評価方法】

- ・1 分間移動平均値 (データ 12 個分に相当) を算出し、基準となるパルスオキシメーターとの乖離率で評価します。 (パルスオキシメーターの移動平均値が 60 のとき、MWS の移動平均値が 66 であった場合を乖離率+10%と定義)
< 1 点 1 点のデータは値飛びが起きますので、移動平均での評価を行っています >
- ・MWS において、生データとしてゼロ (データ取れず) が出力される場合があります。ゼロ値を直前値に置き換えるゼロマスク手法 (詳細は前述) のデータ処理を行って頂く事を推奨します。

< 実験結果例 >

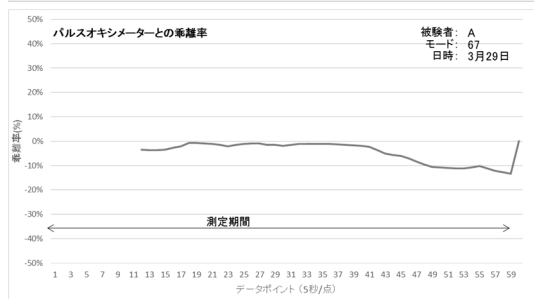
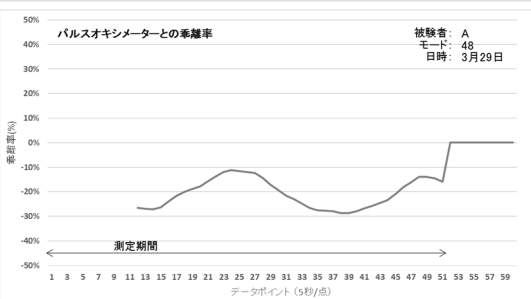
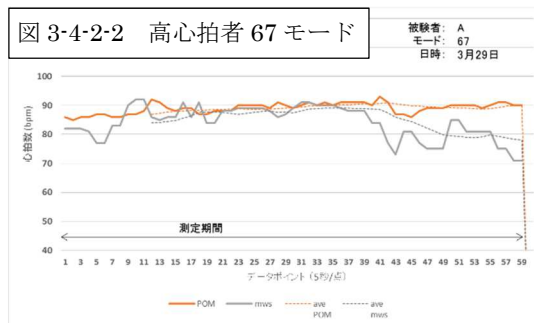
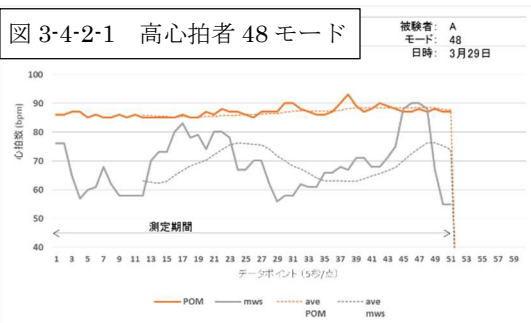
本センサは心拍測定について、48 モード (通常モード) と 67 モード (高心拍モード) の 2 つの測定モードを持っています。

- ・基本は 48 モードをお使いください。
- ・被験者の心拍値が確実に 70 以上であると分かっている場合は、67 モードを使われる方が測定精度が良くなります。
- ・ただし被験者の心拍値が 70 未満の場合に、67 モードをお使い頂くと測定精度が非常に悪くなりますのでご注意ください。

次ページで高心拍者 (心拍 90) と低心拍者 (心拍 55) の場合の実験結果例を示します。

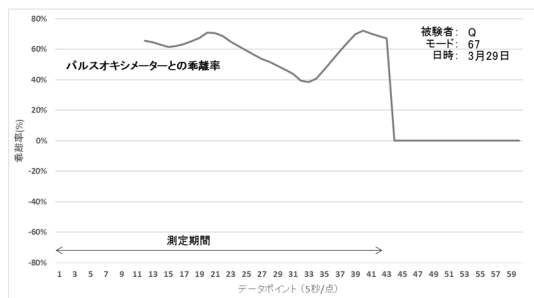
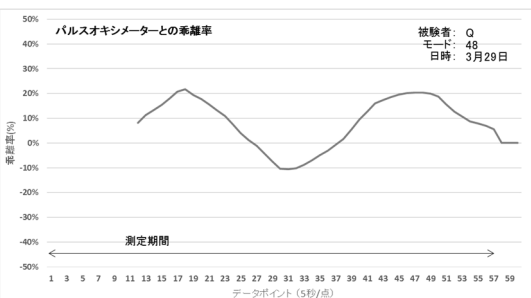
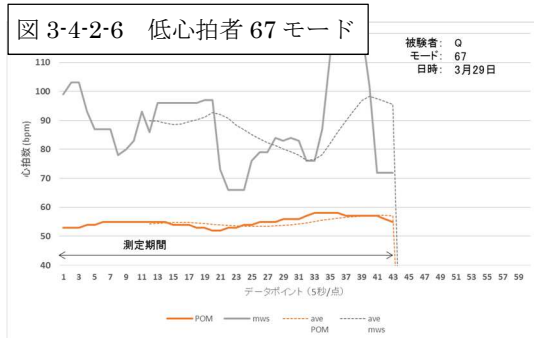
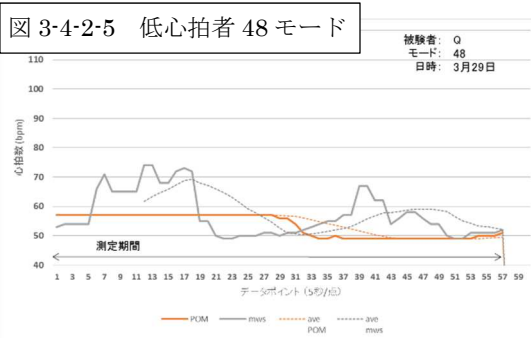
<高心拍者（心拍 90）での実験例>

67 モード（右側）の方が正しい値に近く、乖離率もゼロに近いです。



<低心拍者（心拍 55）での実験例>

67 モード（右側）の方は正しい値を取得出来ず、乖離率も大きな値になってしまいます。



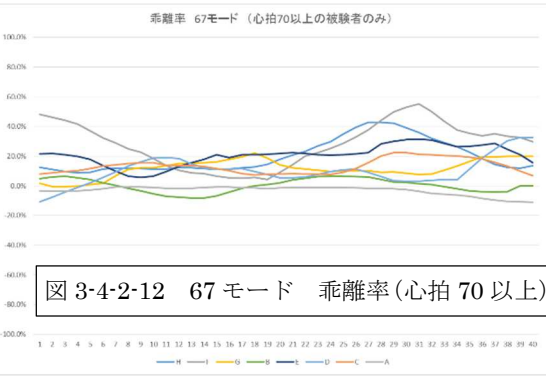
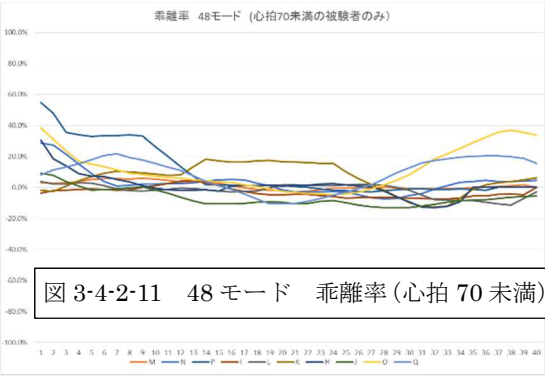
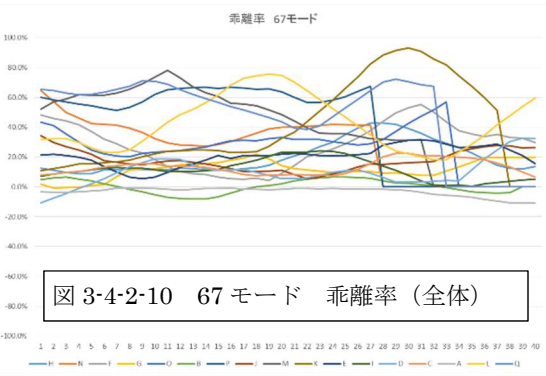
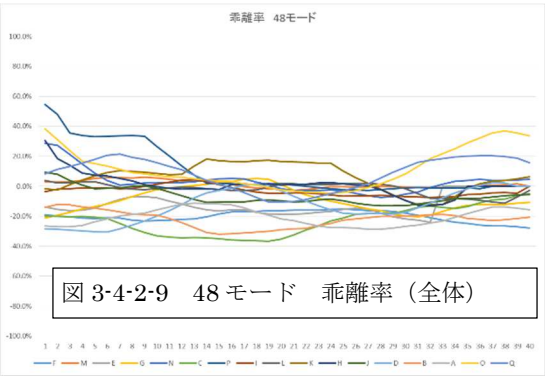
被験者 17 人に対し、測定を行った評価結果は以下の通りです。

表 3-5-2-1 乖離率評価データ(48 モード)

被験者	POM 平均	POMとの乖離率			
		平均	min	max	3σ
A	86.9	-20.6%	-28.7%	-11.3%	17.6%
B	86.1	-21.3%	-31.9%	-4.1%	19.1%
C	85.0	-22.6%	-36.7%	-3.7%	29.7%
D	79.6	-13.4%	-30.7%	2.2%	32.3%
E	75.8	-15.5%	-23.9%	-6.8%	12.7%
F	74.2	-20.5%	-27.8%	-15.2%	11.7%
G	71.9	-9.1%	-21.4%	5.3%	24.1%
H	69.7	1.2%	-12.8%	30.5%	25.4%
I	68.1	-3.2%	-7.3%	4.4%	10.0%
J	67.0	-6.5%	-13.0%	9.3%	15.2%
K	63.5	6.5%	-12.4%	18.1%	26.1%
L	62.8	0.6%	-11.2%	22.0%	20.9%
M	60.9	1.3%	-2.7%	6.1%	7.9%
N	59.5	2.9%	-7.5%	28.8%	22.7%
O	56.9	12.7%	-4.6%	38.4%	39.6%
P	53.9	11.0%	-2.8%	54.7%	51.5%
Q	53.4	8.6%	-10.6%	21.6%	30.1%
全データ 集計	最大	12.7%	-2.7%	54.7%	51.5%
	平均	-5.2%	-16.8%	11.8%	23.3%
	最小	-22.6%	-36.7%	-15.2%	7.9%
70以上 データ 集計	最大	-9.1%	-21.4%	5.3%	32.3%
	平均	-17.6%	-28.7%	-4.8%	21.0%
	最小	-22.6%	-36.7%	-15.2%	11.7%
70未満 データ 集計	最大	12.7%	-2.7%	54.7%	51.5%
	平均	3.5%	-8.5%	23.4%	24.9%
	最小	-6.5%	-13.0%	4.4%	7.9%

表 3-5-2-2 乖離率評価データ(67 モード)

被験者	POM 平均	POMとの乖離率			
		平均	min	max	3σ
A	89.0	-4.6%	-13.3%	-0.8%	12.6%
B	85.7	0.3%	-8.2%	6.5%	14.3%
C	81.6	11.3%	-0.3%	22.5%	18.1%
D	80.1	13.4%	-10.7%	34.8%	35.0%
E	75.9	18.9%	5.6%	31.4%	22.5%
F	73.9	28.0%	4.4%	55.1%	44.4%
G	73.7	12.1%	-0.7%	21.9%	18.7%
H	72.3	18.6%	8.8%	42.8%	31.1%
I	69.3	12.3%	0.4%	24.0%	20.9%
J	68.3	18.2%	5.5%	34.2%	21.8%
K	65.1	43.4%	10.7%	93.1%	84.4%
L	61.4	42.7%	18.3%	75.7%	54.4%
M	60.9	52.1%	31.2%	78.2%	43.7%
N	60.7	39.2%	27.2%	64.4%	26.0%
O	60.5	31.8%	20.3%	56.9%	26.1%
P	55.9	60.8%	51.2%	67.5%	15.4%
Q	55.0	59.4%	38.7%	72.3%	30.3%
全データ 集計	最大	60.8%	51.2%	93.1%	84.4%
	平均	28.9%	11.1%	45.9%	30.6%
	最小	-4.6%	-13.3%	-0.8%	12.6%
70以上 データ 集計	最大	28.0%	8.8%	55.1%	44.4%
	平均	12.3%	-1.8%	28.8%	24.6%
	最小	-4.6%	-13.3%	-0.8%	12.6%
70未満 データ 集計	最大	60.8%	51.2%	93.1%	84.4%
	平均	40.0%	22.6%	62.9%	35.9%
	最小	12.3%	0.4%	24.0%	15.4%



(生体評価まとめ)

着座時 (BB ratio<1400※) の心拍計測について

※椅子に座って平静にしているが、頭の動き等は含まれるレベルの状態

(1) 48 モードでのパルスオキシメータ (POM) との移動平均乖離率 :

全体平均は -5.2% (-36.7% ~ +54.7% 3 σ バラツキ : 23.3%)

70 以上の心拍者に対しては -17.6% (-36.7% ~ +5.3% 3 σ バラツキ : 21.0%)

70 未満の心拍者に対しては 3.5% (-13.0% ~ +54.7% 3 σ バラツキ : 24.9%)

48 モードでは、70 以上の高心拍者に対して取得性の悪化 (心拍 2 波長波や呼吸高調波の取得による悪化) がありますが、全体に適用するには 48 モードが好ましいです。

(2) 67 モードでのパルスオキシメータ (POM) との移動平均乖離率 :

全体平均は 26.9% (-13.3% ~ +93.1% 3 σ バラツキ : 30.6%)

70 以上の心拍者に対しては 12.3% (-13.3% ~ +55.1% 3 σ バラツキ : 24.6%)

70 未満の心拍者に対しては 40.0% (0.4% ~ +93.1% 3 σ バラツキ : 35.9%)

67 モードでは、70 以上の高心拍者に対する取得性が改善されます。ただし 70 未満の心拍者を正確に測る事は出来ませんので、このモードの使用にはご注意ください。

(70 以上の心拍であることが分かっている場合にご利用ください)

(3.4.3) 要約

本マイクロ波センサは、24GHz 帯電波を用いたドップラーシフトの計測を行い、被験者の微小な体動信号を検出する事が出来るセンサです。心拍周波数成分域の体動信号と、呼吸周波数成分域の体動信号を抽出し、心拍数と呼吸数を推定します。

●疑似生体信号モデルを用いた評価について (3.4.1 節)

心拍・呼吸を模した疑似信号系での評価では、48bpm~250bpm で、精度±5%で計測可能であることを確認しています。

●平静状態での生体による評価について (BB ratio<1400) (3.4.2 節)

生体による評価では、上記より精度が悪くなり以下の状況です。

(完全に静止する事が困難な事と、人体における心拍と呼吸の分離が限界のため)

パルスオキシメータとの移動平均乖離率 (48 モード時の場合)

全体平均は -5.2% (-36.7% ~ +54.7% 3 σ バラツキ : 23.3%)

70 以上の心拍者に対しては -17.6% (-36.7% ~ +5.3% 3 σ バラツキ : 21.0%)

70 未満の心拍者に対しては 3.5% (-13.0% ~ +54.7% 3 σ バラツキ : 24.9%)

<48 モードでは、70 以上の高心拍者に対して取得性の悪化 (心拍 2 波長波や呼吸高調波の取得による悪化) があります>

【評価方法】

1 分間移動平均値 (データ 12 個分に相当) を算出し、基準となるパルスオキシメータとの乖離率で評価します。 (パルスオキシメータの移動平均値が 60 のとき、MWS の移動平均値が 66 であった場合を乖離率+10%と定義)

<1 点 1 点のデータは値飛びが起きますので、移動平均での評価を行っています>

上記のように、接触型方式のような高い精度は持ちませんので、参考値としてご使用ください (医療行為にはお使い頂けません)。値の有り無しの監視、あるいは長期的な変動から状態変化 (異常傾向) を監視する、といった使い方は可能です。加えて、運動中あるいは運動直後の心拍数が高い時はご使用できません。

以上