

# USRP 実装に向けた拡散符号を用いた 生体信号検出用ドップラーレーダーの検討

7311064 佐々木 隆人

## 1. はじめに

日本では65歳以上の高齢者が総人口の4分の1となり、世界で最も早く高齢社会に突入した。また、高齢者の一人暮らしの割合も年々増加している。そのため在宅でも心拍数や呼吸をモニタするデバイスが必要となっている。しかし、常に身体に取り付けるセンサでは生活の質が損なわれてしまう。そのため、レーダーを用いた非接触の生体計測が求められている。生体信号の計測には1Hz精度の検出が必要であるが、提案されているLow-IF方式の受信機を用いたドップラーレーダーでは雑音・干渉波による影響が大きいという問題がある[1]。

そこで本研究では、拡散符号によるスペクトル拡散変調を用いて検出感度向上を目指す。さらにソフトウェア無線ハードUSRP(Universal Software Radio Peripheral)への実装に向けて、ソフトウェア無線システム開発ツールであるGNU Radioを用いて生体信号検出用ドップラーレーダーを構築し、シミュレーションを行うことでスペクトル拡散変調の有無による出力の周波数スペクトルのDU比の評価をし、干渉波への耐性向上を示す。

## 2. 生体信号検出用ドップラーレーダー

図1に心臓の鼓動などの生体信号検出用ドップラーレーダーの一般的なモデルを示す。ドップラーレーダーは、ドップラー効果による反射波の周波数変化を測定する。搬送波周波数 $f_c$ の送信信号 $T(t)$ を送信し、受信機では $T(t)$ をダウンコンバージョンの際の局部発振(LO)信号として使用する。このLO信号を受信信号 $R(t)$ と乗算しフィルタに通すことで周波数差であるドップラー周波数 $f_d$ を検出する。

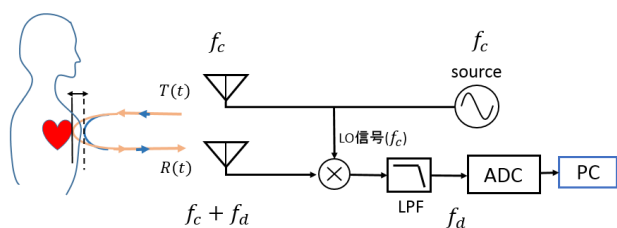


図1. 生体信号検出用ドップラーレーダー

## 3. スペクトル拡散変調

スペクトル拡散変調は、送受信において信号に同じ拡散符号をかけることにより伝送路における雑音・干渉波を広大な周波数スペクトルへ拡散させ、元の信号を復調する方式である[2]。図2にスペクトル拡散変調の概要を示す。

拡散符号にはPN符号という擬似雑音符号を使用する。PN符号には、線形帰還シフトレジスタを用いて最大符号長 $L = 2^n - 1$ のM系列を生成して用いた。本研究では $n = 6$ ,  $L = 63$ のM系列を使用した。

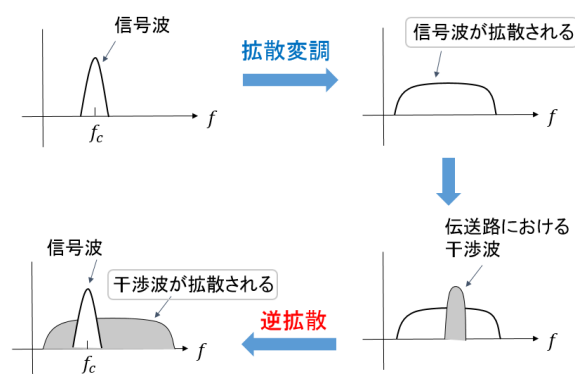


図2. スペクトル拡散変調による周波数スペクトルの概要

## 4. GNU Radio

GNU Radioは、C++で記述された信号処理ブロックを用いることで無線通信に必要なほとんどの機能を実現できるソフトウェアである。GNU RadioとUSRPを組み合わせることで無線機の実装が可能となる。

## 5. シミュレーション概要

### 5.1 構成

今回は等価低域系シミュレーションを用いた。これはコンピュータシミュレーションのような離散時間処理において搬送波周波数帯を用いずに送信ベースバンド信号から直接、受信ベースバンド信号を得ることができる方法である。

GNU Radio 上に図 3 のシステムモデルを作成した。ベースバンド信号のみのため、搬送波周波数  $f_c = 0$  となる。心臓の鼓動による生体信号としてドップラー周波数を  $f_d = 1\text{Hz}$  とする。また、伝送路において周波数  $5\text{Hz}$  の干渉波を合成し、出力の周波数スペクトルを GNU Radio 上のスペクトラムアナライザで確認する。表 1 にシミュレーション諸元を示す。

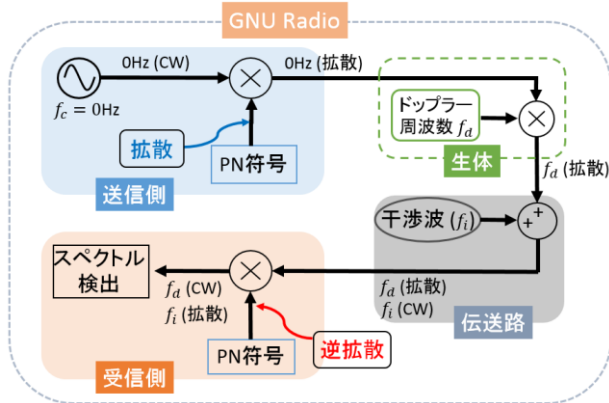


図 3. シミュレーション構成

表 1. シミュレーション諸元

拡散符号	系列	M 系列
	PN 符号長	63
シンボルレート	100 symbol/s	
周波数	入力信号 ( $f_d$ )	1 Hz
	干渉波 ( $f_i$ )	5 Hz
振幅	入力信号	1 V

## 5.2 評価方法

DU 比 (Desired to Undesired signal ratio)を用いる。希望波である入力信号と、干渉波のピークレベルから DU 比を算出し、スペクトル拡散変調の有無による DU 比の比較を行う。DU 比は以下の式で示す。

$$\text{DU 比} = 10 \log_{10} \frac{\text{希望波電力}}{\text{干渉波電力}} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

## 5.3 シミュレーション結果

図 4, 5 にスペクトル拡散有無によるそれぞれの出力の周波数スペクトルを示す。スペクトル拡散によって干渉波の  $5\text{Hz}$  の周波数スペクトルが拡散しレベルが下がっていることがわかる。表 2 に DU 比の結果を示す。DU 比は  $17.9\text{dB}$  向上し干渉波への耐性が上がったことがわかる。

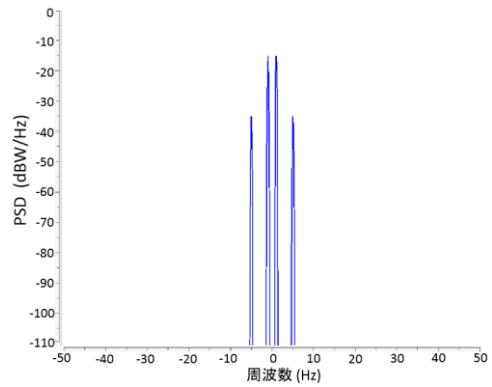


図 4. スペクトル拡散なしの場合の周波数スペクトル

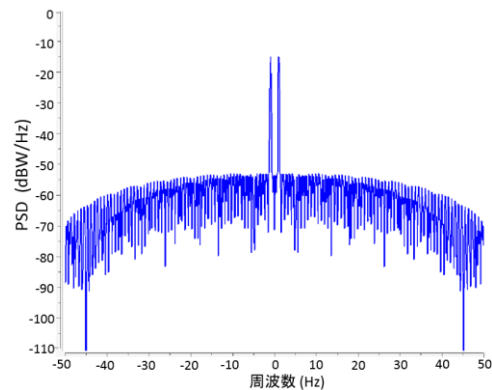


図 5. スペクトル拡散ありの場合の周波数スペクトル

表 2. DU 比の結果

スペクトル拡散変調	DU 比(dB)
なし	20.0
あり	37.9

## 6. まとめ

本研究では、GNU Radio 上で拡散符号を用いた生体信号検出用ドップラーレーダーを構築し、スペクトル拡散変調をした際の DU 比の評価を行った。

結果として、DU 比の比較より  $17.9\text{dB}$  の向上を確認でき、GNU Radio 上の生体信号検出用ドップラーレーダーは正常に動作し、USRP 実装への見通しを得た。

今後の予定として、本研究の GNU Radio のモデルを使いソフトウェア無線用ハード USRP への実装を行う。

## 参考文献

- [1] Isar, M, Olga. B.L, “Benefits of Coherent Low-IF for Vital Signs Monitoring Using Doppler Radar”, IEEE Trans. Microw. Theory Tech, vol.62, pp.2481- 2487, Aug. 2014.
- [2] 岡田博美, “情報ネットワーク”, 培風館, p.31, 2006.