

B-07 ミリ波FM-CWレーダと接触型センサーを用いたバイタルセンシングの比較・検討

米光哉汰, 森山敏文

(長崎大学大学院総合生産科学研究科)

1. まえがき

現在、ミリ波レーダは車両の接近感知や産業用など様々な形で利用されている。本研究では78.5GHz帯のミリ波FM-CWレーダでターゲットの位置を観測し、さらに位相情報からターゲットの微小変位を計測する。これをバイタルセンサへ応用し、人体の心拍を非接触で計測した結果を報告する。

本研究では、位相情報を用いて微小変位の観測を行い、検出した波形と、光電脈波法を用いた接触型センサーを用いた波形との比較検討を行った。

2. FM-CWレーダと計測原理

FM-CWレーダ[1]は、送信波に線形に周波数変調した連続波 $S_t(t)$ を用いる。

$$S_t(t) = A \exp \left[j2\pi \left(f_0 t + \frac{\Delta f}{2\Delta t} t^2 \right) \right], \left(-\frac{\Delta t}{2} \leq t \leq \frac{\Delta t}{2} \right) \quad (1)$$

式(1)において A は送信波の振幅、 f_0 は中心周波数、 Δf は掃引周波数帯域、 Δt は掃引時間を表す。送信信号 $S_t(t)$ と距離 R_0 にあるターゲットで反射した受信信号 $S_r(t)$ を加算し二乗検波を行うと、ビート信号 $S_b(t)$ が得られる。

$$S_b(t) = g \exp \left[j2\pi \left(f_0 \tau + \frac{\Delta f R_0}{\Delta t c} t \right) \right] \quad (2)$$

式(2)は近似式である。式(2)の離散化を行い、離散フーリエ変換を行うことで、以下のビートスペクトラムの式を得る。

$$X_b(t) = g e^{j2\pi f_0 \tau} \frac{\sin [\pi M(t-\tau)N\Delta t_s]}{\sin [\pi M(t-\tau)N\Delta t_s]} e^{j\pi M(t-\tau)(N-1)\Delta t_s} \quad (3)$$

$n = 0, \dots, N-1$ $t = n\Delta t_s$ $M = \frac{\Delta f}{\Delta t}$ Δt_s : サンプル周波数

式(3)において複素数部分が位相情報を表しており、距離に応じて位相が変化を調べられる。

心拍や呼吸による胸の皮膚の位置がわずかに変動する。レーダでは非接触でその様子を式(3)で示した位相変化で計測する。今回使用したレーダは30msecごとにピークの位置で位相情報を取り出し、順番に時間軸に沿って並べたグラフを作成すると、心拍や呼吸による微小変位の様子を確かめることができる。

3. 光電脈波法

比較のために使用した計測機器は、光電脈波法（容積脈波法）を用いた反射型脈波センサーである。光電脈波法は、光を利用して血管に循環する血液の量から脈拍を測定する。実際は、指先にセンサーを接触させて計測する。

4. 実験結果

本実験では、TEXAS INSTRUMENTS社製の78.5GHz帯のFM-CWレーダ（掃引時間 Δt は100 μ sec、帯域は3GHz）を利用した。また、クレークト社製の光電脈波法の接触型センサーを利用した。使用波長は約520nmである。実験風景を図1に示す。両センサーの心拍の波形を比較した

ため、被験者は呼吸をとめた状態で計測を行った。また身体の揺れが実験に影響を与えてしまうため床に仰向けの状態で計測を行った。本研究において、両センサーは同期して計測ができないため、計測開始後に一度深呼吸を行い、それぞれ計測した波形から時間調整を行った。時間を調節後のレーダの位相波形と接触型センサーの波形を図2に示す。6秒以降でレーダと光電脈波の波形が同様なタイミングで変化していることを確認できる。グラフから、心拍数は位相情報を用いたレーダでは毎分61.2回、接触型センサーは毎分60.6回となり、互いに近い値が観測された。

5. まとめ

非接触センサーであるレーダの位相情報で心拍の様子を調べ、接触型センサーの光電脈波法と計測結果の比較を行った。両センサーとも同様な結果を示し、レーダの心拍計測が有用であることを確認した。



図1 実験風景

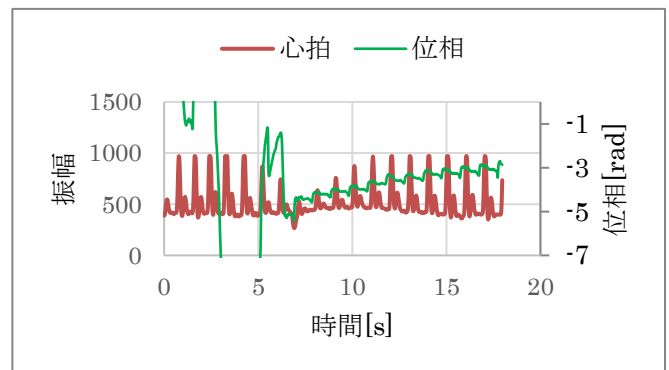


図2 測定結果

参考文献

- 藤本 京平, “入門 電波応用[第2版]”, 共立出版, 2007
- 大内 和夫 編著, “レーダの基礎-探査レーダから合成開口レーダまで-”, コロナ社, 2017