

マイクロ波による微小変位計測に関する一検討

A Study of Small Displacement Measurement Using Microwave Radar

蔵田真彦 稲葉敬之
Masahiko Kurata Takayuki Inaba

電気通信大学大学院情報理工学研究所
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. まえがき

マイクロ波による mm オーダの微小変位計測技術は多くの応用が期待される。例えば人物に対してマイクロ波を照射し反射波との位相差 ($\phi=4\pi R/\lambda$) にて呼吸信号や心拍信号などの生体信号を非侵襲・非接触で計測を行うことが提案されている[1][2]。他方、マイクロ波により人物の歩行動作を認識する手法として歩行に伴う手足の周期的な動きをドップラ周波数スペクトルの時間的な変化 (Cadence Frequency) に基づいて解析する方法が知られている[3][4]。本稿では上記と同様の解析法 (以下 Cyclic Frequency と呼ぶ) について、呼吸や心拍等の mm オーダの微小変位計測への適用可能性を明らかにする。

2. Cyclic Frequency 法

周波数一定の CW 波を送信し、その受信波を送信波でミキシングすることで、以下のビート信号が得られる。

$$B(t) = A \exp \left\{ j \left[2\pi \left(-\frac{2v}{\lambda} \right) t + \phi \right] \right\} \quad (1)$$

ここで、 v は目標速度 (遠ざかる方を正)、 λ は送信波の波長、 ϕ は初期目標距離に応じて決まる固定位相値である。所定の観測期間で得たビート信号についてフーリエ変換を行うとその周波数スペクトルは観測期間中の v に応じたドップラ周波数となり、また、目標速度が周期的に変位する場合その変位周期 T 毎に同様の周波数スペクトルが現れると考えられる。よって Cyclic Frequency 法は、ドップラ周波数スペクトルの時間的な変化 (スペクトログラム) を求める STFT (Short Time Fourier transform) 処理と時間的な変化を周波数 (Cyclic Frequency 図) へと変換する FT (Fourier transform) 処理にて構成される。

以下、計算機シミュレーションの結果を示す。目標はレーダ送受信部から 1.8m の位置を基準に図 1(a) に示す通りに変位するとした ($T=4s$)。また、送信周波数 f を 24.15GHz、サンプリング周波数を 10kHz とした。

図 1(b) に時間 $t=0\sim 10s$ のビート信号 (実部) を示す。2.5 秒間のビート信号に対して 0.1s ずつスライドさせて STFT を行うことで、図 1(c) に示すスペクトログラムを得る。図 1(c) のスペクトログラムにおいて各ドップラ周波数について時間方向に FT を行って図 1(d) の Cyclic Frequency 図を得る。図 1(d) において周波数 (目標変位) が 0.25Hz の位置にピークが認められ、設定した目標の変位周期 $T=4s$ が得られていることが分かる。

3. 適用条件に関する考察

目標の v 及び T の条件に依っては上記方法が不向きな場合がある。例えば目標が図 1(a) に示すように $|v|$ が一定で往復変位する場合、 $|v|$ 及び T の少なくとも一方が小さい (目標の変位幅が小さいとも言える) と、往復変位の片道分の期間 T_0 (図 1(a), (b) 参照) における周波数 $-2v/\lambda$ の信号の位相変化が小さくなり、STFT を行って

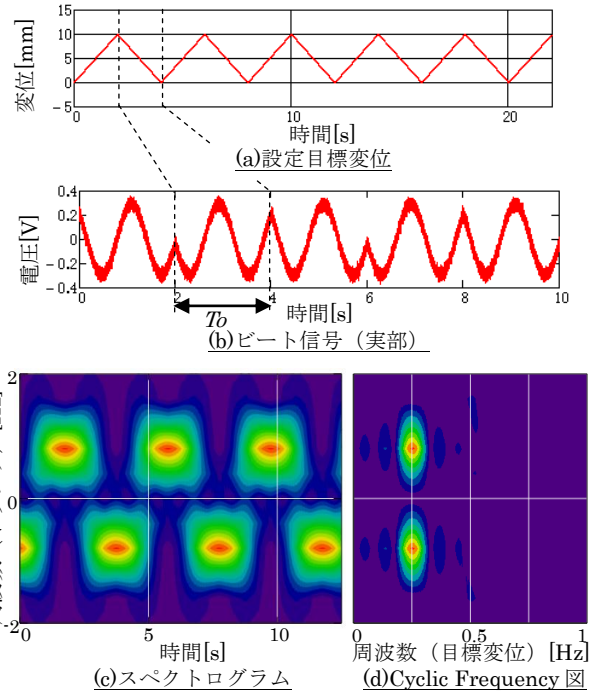


図 1 計算機シミュレーション

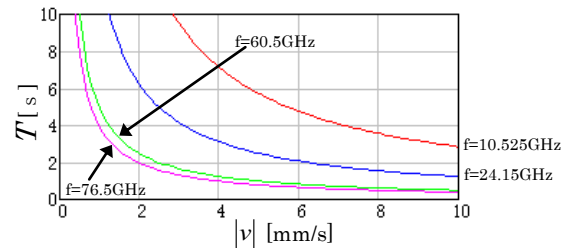


図 2 $|v|$ 及び T の条件 (各線より上方で 1 周期分以上)

も周波数 $-2v/\lambda$ の周波数成分を得ることが出来ない場合がある。 T_0 に周波数 $-2v/\lambda$ の信号が 1 周期分以上含まれることを目安とし、これを満たす $|v|$ が一定で往復変位とした場合の $|v|$ 及び T の条件を、4 通りの送信周波数 f について図 2 に示す。

4. むすび

マイクロ波 CW レーダによる Cyclic Frequency 法を用いた微小変位計測において周期 4sec (変位幅 10mm) の変位周期の計測が可能であることを示した。

参考文献

- [1] C. Li, and J. Lin, "Recent Advances in Doppler Radar Sensors for Pervasive Healthcare Monitoring," Proc. of Asia-Pacific Microwave Conf. 2010, WE4C-5, pp.283-290, 2010
- [2] 蔵田真彦, 稲葉敬之, "マイクロ波による微小変位計測の基礎検討," 信学技報 SANE2012-135, Mar. 2013
- [3] C. Hornseiner and J. Detlrsen, "Characterisation of human gait using a continuous-wave radar at 24GHz," Adv. Radio Sci., 6, pp.67-70, 2008
- [4] 深町弘毅, 稲葉敬之, "2 周波 CW レーダを用いた人物等の歩行認識," 信学技報 SANE2011-51, July 2011