

マイクロ波反射法による非定常状態における心拍測定

Non Steady State Heartbeat Measurement by Using Microwave Reflectometry

立石尚之 間瀬淳 近木祐一郎 伊藤直樹
Naoyuki Tateishi Atsushi Mase Yuichiro Kogi Naoki Ito

九州大学
Kyushu University

白方哲朗 吉田傑
Tetsuro Shirakata Suguru Yoshida

株式会社本田技術研究所
Honda R&D Co., Ltd. Tochigi R&D Center

1. まえがき

心臓動態を反映する生体信号として、心電計が広く利用されてきた。しかし、既存の心電計では衣服を脱いだ状態で測定する必要があることや、測定部に特殊なゲルを塗布する必要があり、場合によっては長期的な装着が困難であるなど、患者にかかる負担が小さいとは言いがたい。我々は、非接触でかつ衣服を着たまの測定が可能であり、患者にかかる負担を最小限に抑えることが可能なマイクロ波を用いた心拍計測システムを提案してきた。本報告では、計測した反射波信号を利用し、相関処理とウェーブレット変換を用いた時間・周波数解析により、しばしば存在するノイズを低減することで計測精度を向上させることを試みた結果を記述する。これにより、日常生活における健康モニタとともに、睡眠時無呼吸症候群や運転時の居眠り検知などの異常発見を迅速に行えることが期待される。

2. システムの概略

測定システムは図1で示されるように、マイクロ波発振器、伝送回路、送受信アンテナ、検出器、信号処理装置、表示装置で構成される。マイクロ波出力は、方向性結合器によって分離され一方が被測定対象である人体の心臓近傍に照射される。人体からの反射波信号はマイクロ波アンプで増幅、局部発振波とミックスされ、干渉法により反射面の変動による位相変化として検出される。通常はミキサ出力として $E_r \cos \Delta\phi$ に比例した信号が得られるため、直接位相変化 $\Delta\phi$ に比例する訳ではない。しかし、クオドラチャ検出を利用することにより $E_r \cos \Delta\phi$ および $E_r \sin \Delta\phi$ の両者が得られ、計算機処理により、 $\Delta\phi$ に直接比例する成分を算出することができる。 $\Delta\phi$ は反射面の移動量に対応し、微小位相変化を感度良く測定できるため、心臓付近の皮膚あるいは筋肉の微細変化すなわち、心臓動態を評価することが可能となる。

従来反射波信号の解析には定常信号解析法であるFFTを利用してきた。しかしながらスペクトル解析に必要な時間(約10秒間)静止することは殆ど不可能であり、測定場所も隔離されていない場合雑音や振動が常時存在し、人体皮膚表面からの反射波信号が非常に大きいため、ランダムな不要成分が心拍信号をマスクして測定が困難となる。そこで本研究では、図1の測定装置を2系統設置し、相互相関処理によりスプリアス成分をキャンセルすることを試み

た。また、心拍信号などを観測するにあたって、不整脈のような突然変化する信号を解析する必要がある。そのような非定常信号を解析するために、時間・周波数解析法であるウェーブレット変換を導入した。

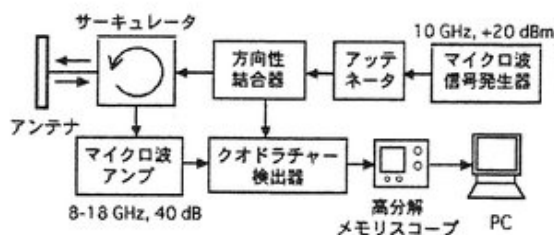


図1 測定回路図

3. 実験結果

日常の動向の一例として、自動車運転時の計測環境における有効性を検討するため、運転時の測定データを利用した解析を行った。データ解析では、相互相関処理とウェーブレット変換を併用して行った。反射波信号として同時計測した2系統の信号を利用し、約30km/時の速度で、平坦かつ直進道路を走行中に測定を行った結果を図2に示す。1Hz付近の心拍信号が得られていることが確認できる。また、心電計との同時測定を行った結果、測定誤差は約±5%以内と精度良く測定できていることが確認できた。

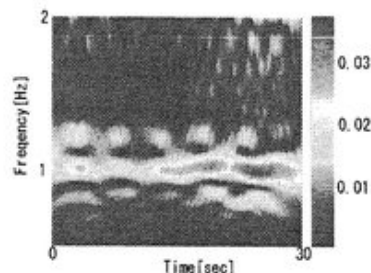


図2 走行中の運転手の心拍信号

3. まとめ

自動車運転時の心拍測定では、平坦かつ直線道路での測定結果、精度良く測定できていることが確認できた。今後の課題としては、カーブでの体の動きやロードノイズを低減することのできるシステムを構築することが挙げられる。