

マイクロ波反射法による心拍測定

Measurement of Heart Beat Using Microwave Reflectometry

立石 尚之、間瀬 淳、Leonid Bruskin、近木祐一郎、伊藤 直樹 (九州大学産学連携センター)

Naoyuki Tateishi, Atsushi Mase, Leonid Bruskin, Yuichiro Kogi, Naoki Ito

(Art. Science and Technology Center for Cooperative Research, Kyushu University)

1. はじめに

心臓動態を反映する生体信号として心電計が疾病の診断や術中・術後などのモニタに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、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。マイクロ波反射計は、非接触でかつ衣服を着たまの測定が可能のため、患者にかかる負担を最小限に抑えることができる。今回、この無拘束測定という特長を生かすべく、信号の解析に相互相関処理とウェーブレット変換を適用した結果を報告する。

2. 測定系の概略

本研究で用いる計測システムは、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、および表示装置で構成されている。マイクロ波出力は、方向性結合機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。媒質の誘電率の不連続面で反射されてきた信号はマイクロ波アンプで増幅、方向性結合機のもう一方の信号(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、クオドラチャー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るなか、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高速フーリエ変換 (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、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。

3. 測定結果

実験では、座席の背もたれ部分に平面アンテナを2つ設置、被験者後方からマイクロ波を照射し測定を行った。このときの照射点での照射電力は、電波防護法指針で設定されている 1 mW/cm^2 より十分小さい値とした。また、シートに故意に振動を与えた。測定装置1、測定装置2で得られた信号と相互相関処理を行った後の信号のウェーブレット変換したものを図1に示す。相互相関処理を行うことにより心拍に相当する成分 (1Hz 近傍) の SN 比が向上していることが分かる。

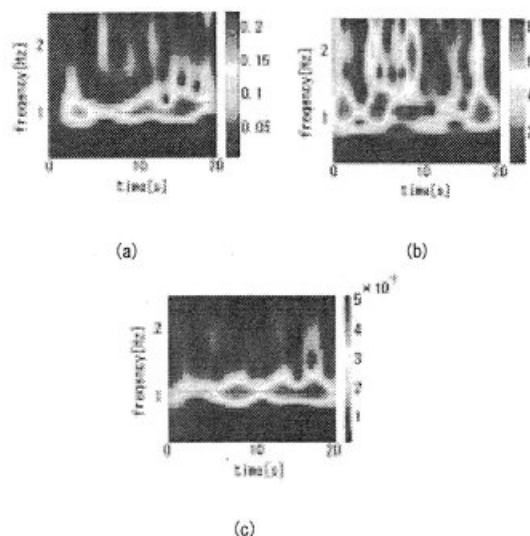


図1. (a)測定装置1で得られるスペクトル、(b)測定装置2で得られるスペクトル、(c)相互相関スペクトル

4. まとめ

2系統のアンテナおよび測定装置を用い、それぞれの信号を相互相関処理することで、心拍信号のみを SN 比よく取り出すことができた。また、非定常スペクトル解析としてウェーブレット変換を導入することにより、短時間で心拍スペクトルを得ることができた。これにより非静止状態にある人の心拍信号の変化を無拘束で測定することが可能となると期待される。