

人体表面変位の高調波成分に着目した超広帯域ドップラレーダによる非接触心拍間隔測定

Non-contact inter-beat interval measurement using higher harmonic components of body surface displacement with ultra-wideband Doppler radar

奥村成皓¹ 大石健太郎¹ 阪本卓也^{1,2} 佐藤亨¹ 水谷研治³ 井上謙一³
Shigeaki Okumura Kentaro Oishi Takuya Sakamoto Toru Sato Kenji Mizutani Kenichi Inoue
福田健志³ 酒井啓之³
Takeshi Fukuda Hiroyuki Sakai

京都大学情報学研究科¹ 兵庫県立大学大学院工学研究科²
Graduate School of Informatics, Kyoto University Graduate School of Engineering, University of Hyogo
パナソニック株式会社先端研究本部材料・デバイス研究室³
Materials and Devices Research Laboratory, Advanced Research Division, Panasonic Corporation

1 はじめに

近年、定常的に非接触で心拍数や呼吸などのバイタル情報を測定する方法として、超広帯域ドップラレーダを用いて体表面の微小変位を推定する方法が注目されている。

その中でも高精度に心拍間隔を推定する方法として、変位の極値、停留点などの繰り返しパターンに注目する方法が提案された [1]。提案された手法を用いて心拍間隔を推定するためには呼吸による体表面の変位を除去するため、帯域通過フィルタを用いる必要がある。しかし、この設計は最適化されておらず、呼吸による変位の高調波成分が心拍による変位の基本波成分と重なった場合に心拍間隔の推定が困難となる。そこで本研究では、心拍による変位の基本波ではなく、高調波成分を強調するフィルタを用いることで呼吸の高調波成分による影響を抑圧し、高精度な心拍間隔推定を行う。

2 実験概要

本研究では、中心周波数が 79 GHz、距離分解能 7.5cm のレーダを使用した。被験者は 26 歳の男性であった。また、被験者の胸部に接触型心電計を装着し、真値とした。実験は、被験者の正面にレーダを設置した場合、側面に設置した場合の 2 度実施した。正面においた場合、胸からの反射信号が支配的であり、呼吸の影響を大きく受ける。側面においた場合、肩からの反射信号が支配的であり、呼吸の影響は小さい。レーダから被験者までの距離は約 70cm であった。従来のフィルタとして基本波を強調するフィルタ、高調波を強調するするフィルタとしてそれぞれ中心周波数 1.7 Hz、7 Hz、-3dB 比帯域 100% のフィルタを使用した。

3 実験による評価

図 1 に胸、肩からの反射波から推定された変位のスペクトログラムを示す。胸からの反射波は、約 0.3Hz 程度に卓越した呼吸成分が見られ、その高調波も大きい。一方、肩からの反射波では呼吸成分が小さい。

図 2 に 2 種のフィルタ通過後信号を用いて心拍間隔を推定した結果を示す。胸からの信号を用いた場合（上

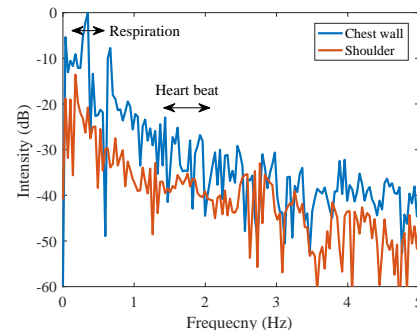


図 1 胸、肩における変位のスペクトログラム

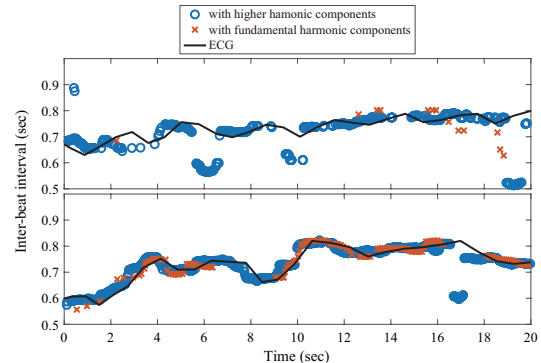


図 2 胸（上図）、肩（下図）における瞬時心拍数推定結果図）、高調波成分のウエイトを上げることで、呼吸成分の抑圧に成功し、推定精度が向上している。肩からの信号を用いた場合（下図）、呼吸成分が小さいためどちらのフィルタでも正確に推定できている。ある 0.5 秒間において、誤差が ± 50 ms 以内である推定点が存在する確率はそれぞれ、高調波成分では胸において 86%、肩において 99%、基本波成分では胸において 18%、肩において 76% であり、高調波成分に着目することで安定して正確な推定が可能であることが示された。

参考文献

[1] T. Sakamoto et al., IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 63, no. 4, pp. 747-757, 2016.