

超広帯域レーダによる高精度心拍計測のための睡眠中の体動検出

Body motion detection for accurate heartbeat monitoring during sleep using ultra-wideband radar

山下幸祐¹ 阪本卓也^{2,3} 今西亮介³ 奥村成皓³ 佐藤 亨³
Kosuke Yamasita Takuya Sakamoto Ryosuke Imanishi Shigeaki Okumura Toru Sato
吉岡元貴⁴ 井上謙一⁴ 水谷研治⁴ 福田健志⁴ 酒井啓之⁴
Mototaka Yoshioka Kenichi Inoue Kenji Mizutani Takeshi Fukuda Hiroyuki Sakai

兵庫県立大学 工学部¹

兵庫県立大学 大学院工学研究科²

School of Engineering, University of Hyogo

Graduate School of Engineering, University of Hyogo

京都大学 大学院情報学研究所³

パナソニック株式会社 先端研究本部⁴

Graduate School of Informatics, Kyoto University

Advanced Research Division, Panasonic Corporation

1. はじめに

近年、超広帯域レーダを用いた非接触での心拍推定技術の開発が進められてきた [1][2]。しかしその中で、睡眠中の寝返りや体動による推定精度の低下が経験的に報告されていた。本研究では、レーダ信号の時間周波数解析によるドップラ周波数からの体動の検出方法を提案し、ビデオカメラの映像と比較することで提案法の性能を評価する。

2. 遠隔心拍測定の実施

被験者に対して超広帯域レーダと心電計による同時測定を実施した。被験者の体動は暗視カメラの映像により別途記録する。使用レーダは送受信 2×4 の MIMO アレイ構成となっており、中心周波数 60.5GHz、帯域幅 1.25GHz、測定周期 0.457ms、素子間隔 4.5mm である。被験者とアンテナの距離は約 1m であり、測定中に被験者は睡眠中であった。

3. 時間周波数解析による行動推定

対象者に寝返りなどの体動がみられる場合、ドップラレーダを用いることでドップラ偏移を測定できる。レーダ信号に対して STFT (Short-Time Fourier Transform) を次式の通り適用し、各時刻における周波数の成分を取得する。

$$S(t, \omega) = \left| \int w(\tau) s(\tau - t) e^{-j\omega\tau} d\tau \right|^2 \quad (1)$$

図 1 下部に得られたスペクトログラムを示す。また同時刻に手法 [1][2] で心拍推定を行った結果を図 1 上部に示す。これらを比較するとマイクロドップラがみられる時間に心拍推定精度が低下している。提案法では、体動により非 DC 成分のエコー強度が変化すること及び、寝返り等ではドップラ偏移が一定時間継続して生じることを利用する。各時刻における非 DC スペクトル密度の最大値 $S_M(t) = \max_{\omega \neq 0} S(t, \omega)$ を算出し、その強度が閾値 S_θ を超えるかどうかで体動の検出を行う。次に各時刻におけるドップラ角周波数の最大値を $\Omega(t) = \arg \max_{\omega} S(t, \omega)$ により算出し、その周波数が閾値 Ω_θ を超えかつその状態が時間 t_0 の間継続する場合に寝返りと判定する。ただし $S_\theta = 0.25$, $\Omega_\theta = 8\text{rad/s}$, $t_0 = 0.6\text{s}$ とした。

体動を提案法で自動判別したものと目視で判別したものとの比較を行った結果を図 2 に示す。提案法により目視で判別した場合との一致率が 87% となり、提案法の有効性が確認された。

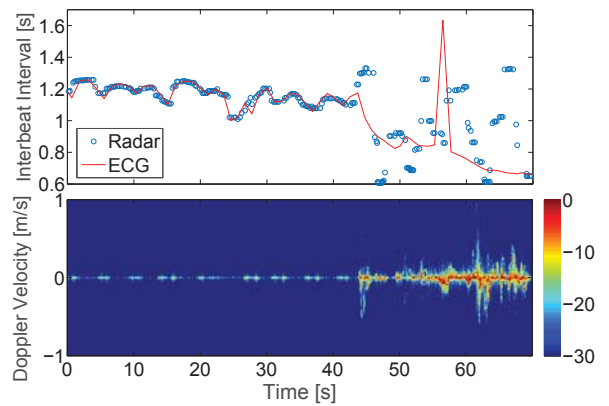


図 1: 心拍推定 (上) とスペクトログラム (下) の比較

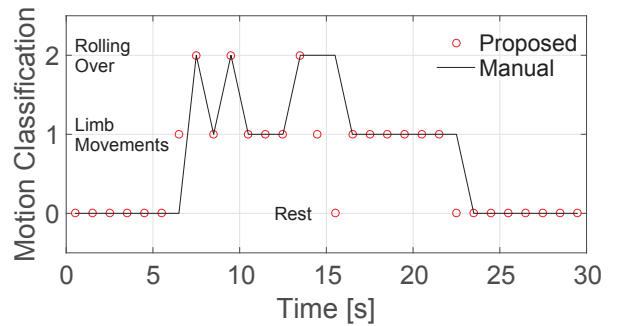


図 2: 提案法による自動体動判別と目視判別の比較

謝辞

本研究の一部は科学研究費助金・基盤研究 (A)25239057・若手研究 (B)15K18077・国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化)15KK0243、京都大学 COI プログラム、公益財団法人ひょうご科学技術協会学術研究助成、平成 28 年度生体医歯工学共同研究拠点共同研究プロジェクト、および平成 27 年度融合チーム研究プログラム (SPIRITS) の助成により実施された。

参考文献

- [1] Sakamoto et al., IEEE Trans. Bio-Med. Eng., Vol. 63, no. 4, 2016.
- [2] 渡辺 恭, 兵庫県立大学工学部卒業論文, 2016.