

機械学習とミリ波レーダによる睡眠時無呼吸の非接触検出

Noncontact detection of sleep apnea using a machine learning algorithm and a millimeter-wave radar

香田 隆斗¹ 阪本 卓也¹ 奥村 成皓² 瀧 宏文² 濱田 哲³ 陳 和夫³
Takato Koda Takuya Sakamoto Shigeaki Okumura Hirofumi Taki Satoshi Hamada Kazuo Chin

京都大学 大学院工学研究科¹ 株式会社マリ² 京都大学 大学院医学研究科³
Graduate School of Engineering, Kyoto University MaRI Co. Ltd. Graduate School of Medicine, Kyoto University

1 まえがき

国内の治療対象の睡眠時無呼吸症候群の患者数は 300 万人を超え、早期発見の重要性が指摘されている。睡眠ポリグラフ検査 (polysomnography: PSG) に代わり、レーダによる睡眠時無呼吸 (sleep apnea: SA) の非接触検出の試みが報告されている [1]。本研究では、SA の症状が認められる患者に対して PSG と 24GHz 帯ミリ波レーダ計測を同時に実施し、レーダ信号と SA の対応関係を機械学習の一種であるサポートベクターマシン (SVM) で学習し、SA イベントの非接触検出の可能性を調べる。

2 ミリ波レーダと睡眠ポリグラフの同時計測

京都大学医学部附属病院において PSG による検査中の患者 2 名をミリ波レーダで計測した。中心周波数 24.15 GHz、帯域幅 180.0 MHz のレーダを使用し、E/H 面ビーム幅 20 度の 4×4 パッチアンテナを送受信に用いた。図 1 に示すとおり、レーダをベッド横の木製ラック上部に設置した。PSG では脳波・眼球運動・心電図・筋電図・呼吸・いびき・酸素飽和度などの多数の接触型センサによる生体信号の記録を行い、検査技師により SA 等のイベントが手動検出される。レーダ信号と手動検出された SA イベントのラベルを SVM で学習し、SA の自動検出を試みる。ただし、本稿の SA は低呼吸を含む。

3 サポートベクターマシンを用いた無呼吸の検出

被験者 A は主に閉塞性、被験者 B は主に中枢性・混合性の SA を示す。検査時間は両被験者とも 7 時間、検査中の SA イベントの回数はそれぞれ 206 回および 280 回であった。SVM には 2 次多項式のカーネルを用いて学習を行った。図 2, 3 に被験者 A および B のレーダ信号の実部 (黒線)、虚部 (赤線)、レーダ信号より SVM で検出された SA イベント (青線) を示す。それぞれ上図中の黒四角枠は、検査技師により手動検出された SA イベントである。提案手法による SA 検出の精度は、それぞれの被験者において平均正解率が 79.2% および 79.5%、再現率が 36.1% および 63.3%、適合率が 40.8% および 71.2% と、被験者 A の閉塞性 SA よりも被験者 B の中枢性・混合性 SA の方が高精度で検出できた。

謝辞

本研究の一部は JSPS 19H02155, JST JPMJPR1873, JST COI JPMJCE1307 の助成により実施された。

参考文献

[1] 阪本, 杉田, 奥村, 他, 信学総大, B-19-10, Mar. 2020.

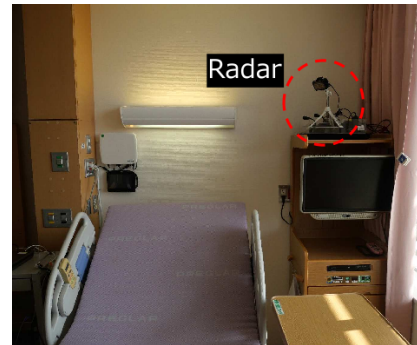


図 1 呼吸器内科の病室内に設置されたレーダとベッド。

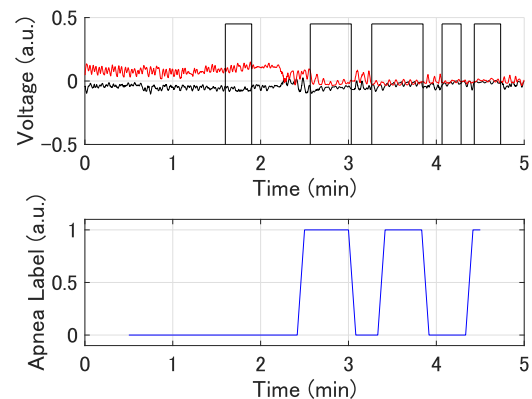


図 2 被験者 A のレーダ反射波および手動検出された SA (上) およびレーダにより検出された SA (下)。

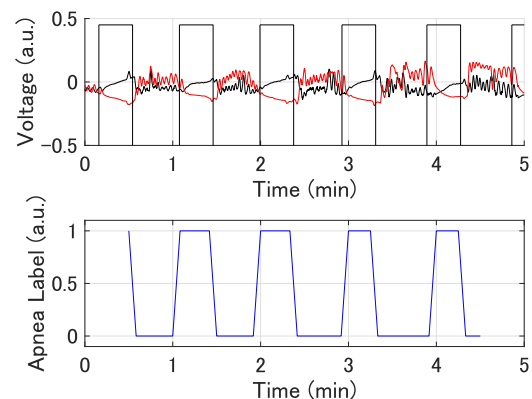


図 3 被験者 B のレーダ反射波および手動検出された SA (上) およびレーダにより検出された SA (下)。