●一般演題

非接触バイタル計測マイクロ波センサーでチルトテーブルテスト中の心拍変動を解析し得た神経調節性失神

防衛医科大学校集中治療部　高瀬凡平・橋本賢一・眞崎暢之
電気通信大学大学院情報理工学研究科 機械知能システム学　孫　光鎬
首都大学東京システムデザイン学部　松井岳巳

要　　約

非接触バイタル計測マイクロ波センサーを用いて得られた心拍数から，心拍変動指標（HRV）を算出する非接触心臓自律神経測定検査解析システムを開発している。本システムにより，心臓自律神経活動の変化を良好に検出し得た症例を報告する。

症例は20歳，女性。主訴，失神。精査加療目的で当病院を受診した。失神により立位を保てず仰臥位に倒れて意識は回復した。諸検査にて異常を認めなかった。病歴から反射性失神（神経調節性失神）が疑われ，チルトテーブルテスト（HUT）を施行した。HUT検査中に非接触心臓自律神経測定検査解析システムと心電図（ECG）の同時連続測定を行った。非接触心臓自律神経測定検査解析システムは，マイクロ波センサーの信号を0.5～2.5 Hzのバンドパスフィルタにて処理し，心拍信号を抽出後ピーク検出法によりRR間隔を算出した。本症例は，HUTで心抑制型の反射性失神と診断された。HUT中における非接触心臓自律神経測定検査解析システムで得られた波形とECG波形を比較した。両者から得られたHRVには良好な相関が認められた。

結語；本症例のHUT中の所見から，非接触バイタル計測マイクロ波センサーによるHRV測定は，反射性失神症例の診断・治療に有用である可能性があると示唆された。

はじめに

非接触バイタル計測マイクロ波センサー（24 GHz）は，心拍や呼吸活動等の生命兆候を非接触で比較的遠距離からも検出可能である。このため，大規模災害時の被災者の生存確認，救出にこれまで用いられてきた[1, 2]。本システムは，非接触，電極装着不要等の特徴から，最近では独居高齢者の健康管理を目的として開発が進められている。わが国が超高齢化社会を迎えるにあたり，高齢者の「見守りシステム」としての実用化が期待されている[3]。

しかし，本非接触バイタル計測マイクロ波センサーを用いて，心臓自律神経活動の指標である心拍変動指標（HRV）計測に関しては，いまだ報告は十分になされていない[4]。今回われわれは，心臓自律神経活動がその病態および診断に深く関与する反射性失神（神経調節性失神）症例で，通常の心電図（ECG）から求めたHRVと非接触バイタル計測マイクロ波センサーから求めたHRVを記録し，両者の良好な一致性を検証し得た症例を経験したので，文献的考察を加えて報告する。

Bonpei Takase, et al.：Non－contact evaluation on the autonomic control of the heart in patient with neutrally mediated syncope; A case report

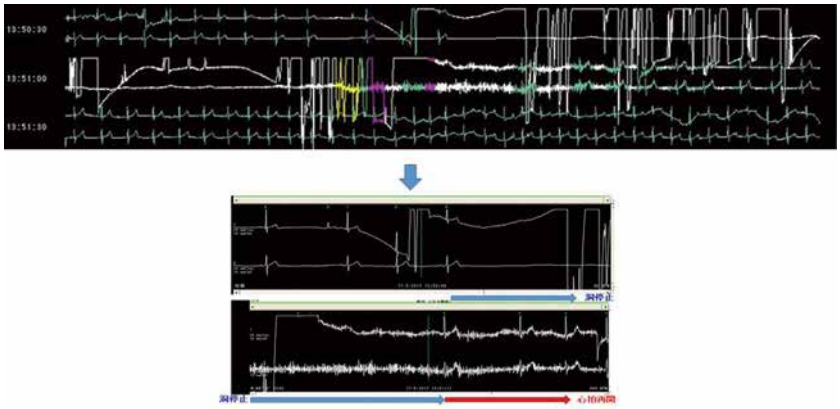


図1　チルトテーブルテスト(HUT)中モニター心電図波形

1　症　　例

症例：20歳，女性。主訴：失神。

現病歴：18歳時に，発熱治療時，輸液治療後に仰臥位から立位に体位変換直後，失神した。19歳時には立位でチェストプレス運動中に，嘔気・悪心後に失神した。20歳時に老人施設にて，立位で見学中に失神を発症し，当病院総合臨床部を受診した。いずれも意識障害は数分間であり，失神により体位を保てず倒れて意識を回復した。また，意識障害時にけいれんは認められなかった。失神の精査・加療を当院外来で実施した。

既往歴・家族歴に特記すべき異常は認められていない。また，飲酒歴・喫煙歴も認められなかった。

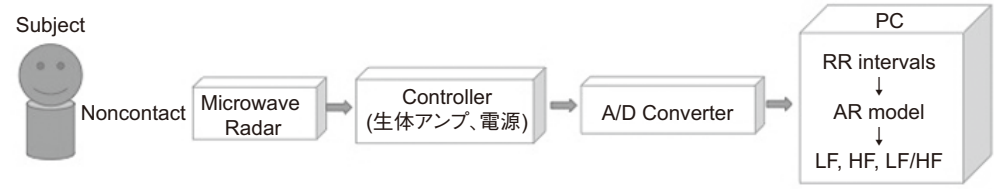
身体所見および検査成績：意識清明，身長152.3 cm，体重42.1 kg，血圧104/64 mmHg，心拍数 83拍/分 整，理学的所見で異常を認めなかった。

検査所見:血算・生化学検査ともに異常なし。12誘導ECG所見で正常範囲であり，胸部単純X線像では，肺野に異常を認めず，心胸郭比は48%であった。心臓超音波検査でも異常を認めず，脳波でも異常所見は認められなかった。

病歴，検査成績から反射性失神(神経調節性失神)が認められたため，チルトテーブルテスト(HUT)を施行した。当院のHUT方法は，以下のように実施している。HUTは，傾斜80°のpassive head−up tilt とし，薬物を利用しない立位負荷を30分間実施し，症状なく血圧・脈拍の変化がみられない場合は，いったん仰臥位とし，亜硝酸薬(ニトログリセリン0.3 mg)を舌下投与する。さらに30分間のHUT立位負荷を実施するプロトコールとしている。本症例でもこのプロトコールで実施した結果，立位30分間では症状は誘発されなかった。また，血圧，心拍数の有意な変化も認められなかった。亜硝酸薬負荷後，7分間のHUT負荷で徐脈となり意識消失した。モニターECGでは，約32秒の心停止を認めた(**図1**)。ただちに，臥位に戻し，10秒後に意識は回復した。また，心拍数70拍/分，血圧100/60 mmHgに回復した。

本症例の病歴は，反射性失神に特徴的であり，HUT陽性，脳波に異常なく，他の所見からてんかんや器質的循環器疾患は否定的であった。このため，反射性失神と診断し，生活指導を実施し，その後再発を認めていない。

また，本症例では，HUT中，非接触心臓自律神経測定検査解析システムを用いて，電極装着モニターECGとの比較から，非接触心臓自律神経測定検査解析システムで得られたマイクロ波レーダー波形とHRV指標の信頼性を検討した。このシステムの非接触バイタル計測マイクロ波センサーは，心拍モニター用マイクロ波レーダーを用いた(周波数；24 GHz，出力[平均]；約7 mW，ゲイン；10 dBi，サイズ；30×40



マイクロ波レーダーシステム全体写真

マイクロ波レーダー装着要領

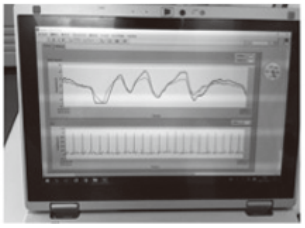

レーダー波形と心電図モニターのデータ収集
上段：レーダー波形，下段：電極心電図波形

図2　マイクロ波レーダーによる非接触心拍解析アルゴリズムとシステムの概要

×75 mm)。この非接触バイタル計測マイクロ波センサーを，HUT検査時に，本症例に以下の要領で装着した。すなわち，HUT時に用いる身体固定用ベルトの外側面に，ABS樹脂ケース(外側寸法：85.5×59×26.5 mm)を装着した。このケースに，非接触バイタル計測マイクロ波センサーを入れて，本症例の心臓の位置する前胸壁面に固定装着した。この非接触バイタル計測マイクロ波センサーは，電波を照射するアンテナ面から少なくとも2 cm以上の距離を保つよう固定した(**図2**)。非接触心臓自律神経測定検査解析システムは，HUT中におけるマイクロ波レーダー波形とモニターECG波形を比較した。マイクロ波センサーの信号を0.5～2.5 Hzのバンドパスフィルタ処理し，心拍信号を抽出後，ピーク検出法によるRR間隔を算出した。HRV解析は自己回帰モデル(Autoregressive model)を用いて行った。HRVの評価項目は周波数領域解析(LF，HF，LF/HF：LF[low frequency spectra；0.004～0.15 Hz周波数帯パワースペクトル]，HF[high frequency spectra；0.15～0.4 Hz周波帯パワースペクトル])とした。一方，ECG波形から得られるHRVは，通常の周波数解析とし，FFT解析にて求めた。その結果，モニターECG波形から得られたHRVとマイクロ波センサー波形から得られたHRVの比較では，両者に高い相関関係が得られた(**図3**)。さらに，モニターECG波形から求めたHRV各指標の仰臥位から立位への変化は，マイクロ波センサー波形から求めたHRV各指標の変化と一致していた(**図4**)。

2　考　　察

本症例は，病歴や諸検査，およびHUTから反射性失神と診断された。HUTで誘発される反射性失神の病態には，心臓自律神経活動が密接に関係しており，HRV各指標は反射性失神の誘発の病態を反映することがこれまでに報告されている[5]。仰臥位から，HUTによる立位80°への体位変換は，LFを増加させ，HFを低下させるとされている。本症例では，これらの変化は，マイクロ波センサー波形で求めたHRV各指標でも，ECG波形から求めたHRV各指標と同様に認められた。このことは，マイクロ波センサー波形で求めたHRV各指標が心臓自律神経活動をよく反映することを示している。

非接触心臓自律神経測定検査解析システムで得られたHRV指標は，これまでの報告でも心臓自律神経活動をある程度反映すると報告されており[3, 6]，本症例で得られたマイクロ波セ

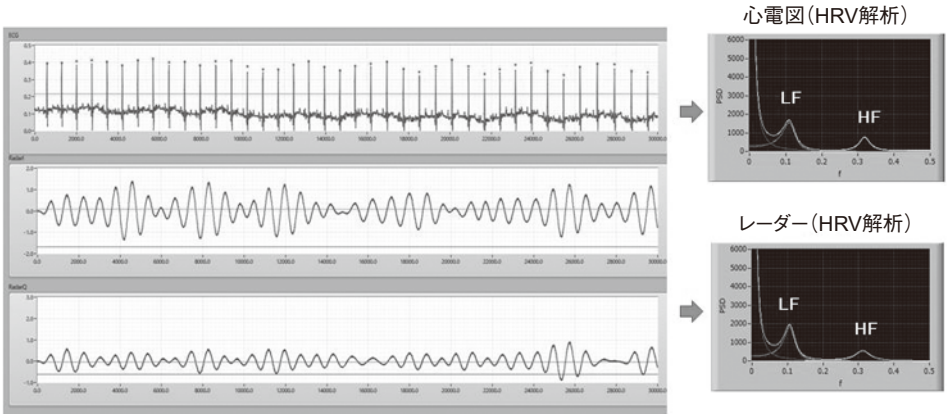


図3　電極心電図波形とマイクロ波センサーレーダー波形と心拍変動解析結果の比較（1）

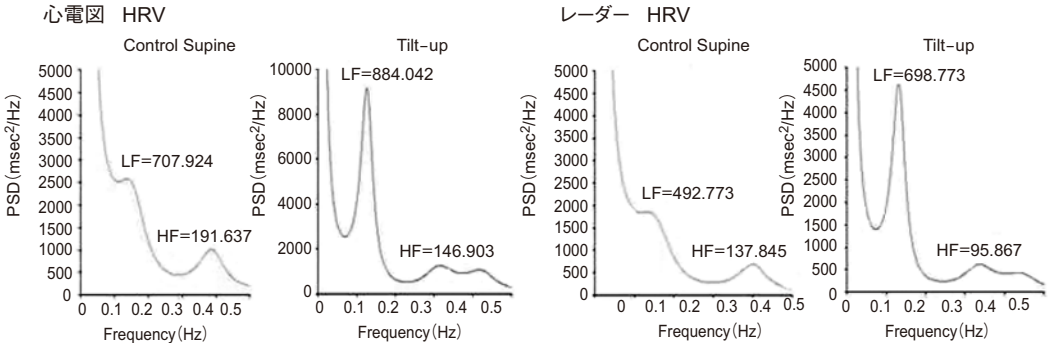


図4　電極心電図波形とマイクロ波センサーレーダー波形と心拍変動解析結果の比較（2）

ンサー波形HRV指標は，臨床症例，ことに反射性失神症例のような，病態に心臓自律神経活動が深く関与する症例で臨床的に有用な指標となる可能性が考えられる。

今後，新たな多数の反射性失神症例においてマイクロ波センサー波形HRVの測定を実施し，非接触心臓自律神経測定検査解析システムで求めたマイクロ波センサー波形HRVの実用に向けてデータ収集を行うことが重要であると考えられる。

文　　献

1）Suzuki S, et al. A non−contact vital sign monitoring system for ambulances using dual−frequency microwave radars. Med Biol Eng Compt 2009;47:101−5.
2）Chioukh L, et al. Multi−frequency radar systems for monitoring vital signs. Asia−Pacific Microwave Conference 2010:1669−72.
3）Kagawa M, et al. Non−contact heart rate monitoring method for elderly people in bed with random body motions using 24 GHz dual radars located beneath the mattress in clinical settings. J Med Eng Technol 2012;36:344−50.
4）Suzuki S, et al. A novel autonomic activation measurement method for stress monitoring: non−contact measurement of heart rate variability using a compact microwave radar. Med Biol Eng Comput 2008;46:709−14.
5）Takase B, et al. Heart rate variability and head−up tilt testing in patients with syncope of undetermined etiology. Jpn Circ J 1996;60:841−52.
6）Matsunaga D, et al. “Non−contact Instantaneous Heart Rate Monitoring Using Microwave Doppler Sensor and Time−Frequency Domain Analysis, 2016”. Proc. of 2016 IEEE 16th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering（BIBE）.Taichung: 172−5.