

非接触手法における睡眠モニタリングの検討

The study of sleep monitoring with noncontact measurement

松裏 豊¹ 王 天一¹ 今井秀人¹ 渡辺 宗一郎¹ 大野宇史¹ 丁 憲勇¹ 大野 ゆう子¹

Yutaka Matsuura¹, Wang Tianyi¹, Hideto Imai¹, Soichiro Watanabe¹, Takafumi Ohno¹,
Hieyong Jeong¹, and Yuko Ohno¹

¹大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻

¹Division of Health Science, Graduate School of Medicine, Osaka University²

Abstract: Introduction: It's commonly believe that sleep disease breathing(SDB) such as sleep apnea syndrome(SAS) increase risk of chronic disease and traffic incident. It's important to early detect SDB. Currently, diagnosis of SAS is used to Polysomnography (PSG), however there are problem which is difficult for PSG to monitor natural sleep condition. In this paper, we aim to detect state of respiration and body movement with non-contact measurement. Then classify whether there are body movements through machine learning. **Method:** We performed experiment in order to monitor sleep condition for human subjects. Microsoft KinectV1™ for windows® (KinectV1) was used to detect respiratory condition such as respiratory rate and frequency, meanwhile body movements were also recorded for classification.

In order to distinguish whether body movements occur or not, in our study we utilized classification and regression tree. **Result:** The data obtained from KinectV1 showed periodic wave data, from which respiratory rate and frequency were able to be calculated. In decision tree analysis, it's resulted that sensibility, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy is 81.8%, 93.4%, 72.0%, 96.1%, and 91.4%, respectively. **Discussion & conclusion:** It was suggested that non-contact measurement for respiratory condition and body movements with KinectV1 is usefulness. Therefore, it may help to early detect SAS and prevent from worsening chronic disease by monitoring sleep condition.

1 背景

睡眠は中枢神経に支配される高次機能であり、心身の疲労回復、生体リズムの調整、ホルモンの分泌、記憶や感情の整理といった役割を果たしている。しかし、睡眠障害が起こることで、疾患のリスクの上昇や死亡に至る危険性があることが報告されている。

睡眠障害として代表的なものに睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome : SAS) が挙げられる。SAS の一種である閉塞性睡眠時無呼吸症候群 (Obstructive Sleep Apnea Syndrome : OSAS) は、交通事故の発生率の上昇や不整脈、脳血管症、虚血性心疾患などの心血管イベントの増加や心不全の悪化、糖尿病などの慢性疾患の悪化のリスク因子といわれている[1]~[5]。

また乳幼児期においては睡眠中に死亡に至る疾患として乳幼児突然死症候群 (Sudden Infant Death Syndrome : SIDS) があげられる。SIDS の発症頻度は 6000~7000 人に 1 人と言われており、生後 2~6 か月に発症が多い。平成 27 年度の SIDS による死亡数は 145 人で乳児死因第 3 位を占めている。

これらのことより睡眠中の呼吸状態を、継続的に

モニタリングし評価することは、SAS などの睡眠時呼吸障害を早期発見し、早期治療、疾患の悪化予防につながることや SIDS などの突然死予防のために有用であると考えられる。

現在 SAS の診断には、睡眠ポリグラフ検査 (Polysomnography : PSG) が用いられる。しかし PSG は入院による検査が必要であること、コード類による拘束感や電極による皮膚障害、自然な状態での睡眠が困難であることなどの問題点があげられる。

近年、非接触デバイスを用いた睡眠時モニタリングが検討されている。非接触型における問題点として体動の影響を受けやすいことがあげられる。しかし体動は睡眠時の重要な情報であり、体動や姿勢変化を認識することは、乳幼児突然死症候群の予防や転倒転落予防にもつながる。そこで今回、Microsoft 社 Kinect™ for windows®V1 (KinectV1) を用いて、呼吸の検出とともに体動を判別することで定量的な睡眠時のモニタリング評価の可能性について検討した。

2 方法

KinectV1 の Depth センサを使用し、KinectV1 を設

置するための三脚台、計測データを保存し分析するためのコンピュータで構成した。サンプリング周波数は 30fps とし、フレーム毎に距離データが CSV ファイルへと保存される。

測定部位は PC 画面上で任意で指定することができ、本研究では ROI は 50×50pixel とし、乳頭間線の中央部の胸骨部を測定位置とした (図 1)。呼吸時の胸郭運動における胸骨部までの距離を経時的に測定することによって呼吸の検出及び体動の判別を行った。

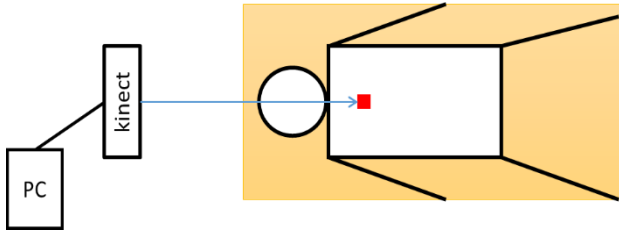


図 1: 実験システム

2.1 呼吸測定方法

胸郭運動の距離変化を捉え、その周期性から呼吸回数、呼吸振幅、呼吸周期を検出した。呼吸回数は KinectV1 より得られたデータを 1 分間隔に分割し、その極大値 (P_n) の n 数を呼吸回数 (回/分) とし、呼吸振幅は極大値における y 座標点 (y_{pi}) から極大値直前の最小値の y 座標点 (y_{xi}) までの差を振幅とした (図 2)、呼吸周期は分割されたデータをそれぞれフーリエ変換し、その最大振幅を算出し、その周波数帯を呼吸周期とした (図 3)。

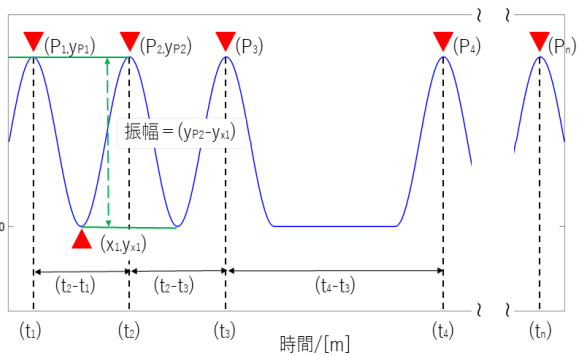


図 2: 呼吸回数/呼吸振幅測定方法

2.2 体動判別分析

判別分析には目的変数を体動の有無とする決定木分析を用いた。KinectV1 から得られた波形データを 1 分間に分割し、1 分間隔毎に平均呼吸振幅、最大呼

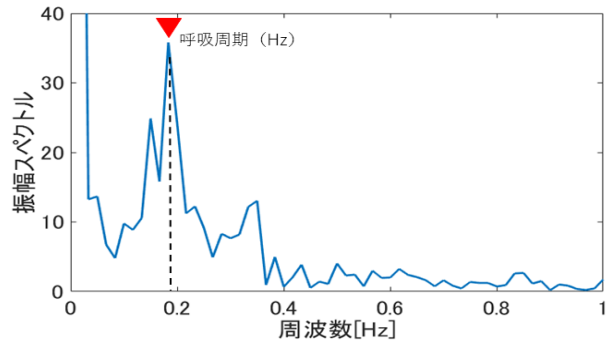


図 3: 呼吸周波数測定方法

吸振幅値、呼吸周波数スペクトルにおける積分値を算出し説明変数とした。体動の観察値は睡眠時にビデオ撮影を行い、体動の有無を確認し体動の観測値とした。

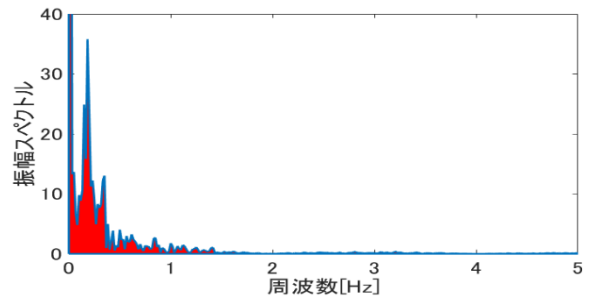


図 4: パワースペクトル積分値

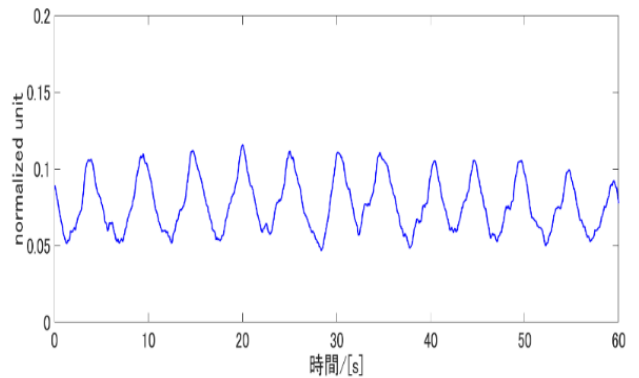


図 5: KinectV1 より得られたデータ

2.3 実験方法

成人男性 2 名を被験者とし、被験者自宅にて普段の睡眠環境と同様の環境下で計測を行った。KinectV1 は被験者の頭側に設置し、呼吸静止時に胸骨部までの距離が 850mm となるように高さや角度を調整した。

ビデオカメラの設置は、被験者全体が撮影可能となる位置とした。

3 結果

3.1 呼吸測定

KinectV1 から得られたデータは周期運動性のある波形が認められた。

被験者 1 では、全睡眠時間 155 分であった。波形データから検出した全睡眠時間の呼吸回数 13.05 ± 2.64 回/分 (平均値 \pm 標準偏差)、呼吸周期 0.22 ± 0.06 Hz、平均呼吸振幅 0.08 ± 0.09 、被験者 2 では、前睡眠時間 102 分であり、波形データから検出した全睡眠時間の呼吸回数 9.55 ± 1.76 回/分、呼吸周期 0.17 ± 0.07 、平均呼吸振幅 0.46 ± 0.55 という結果となった (表 1)。

表 1: 呼吸測定結果

	呼吸回数 (回/分) 平均値 \pm SD	呼吸周期 (Hz) 平均値 \pm SD	平均呼吸振幅 平均値 \pm SD
被験者 1	13.05 ± 2.64	0.22 ± 0.06	0.08 ± 0.09
被験者 2	9.55 ± 1.76	0.17 ± 0.07	0.46 ± 0.55

3.2 体動判別分析

ビデオによって体動は 50 回確認された (被験者 1 29 回、被験者 2 21 回)。体動における観測値と決定木によって判別された結果を表 2 に示す。

決定木分析によって生成された決定木を図 6 に示す。分析による感度 81.8%、特異度 93.4%、陽性的中率 72.0%、陰性的中率 96.1%、精度は 91.4% であった。

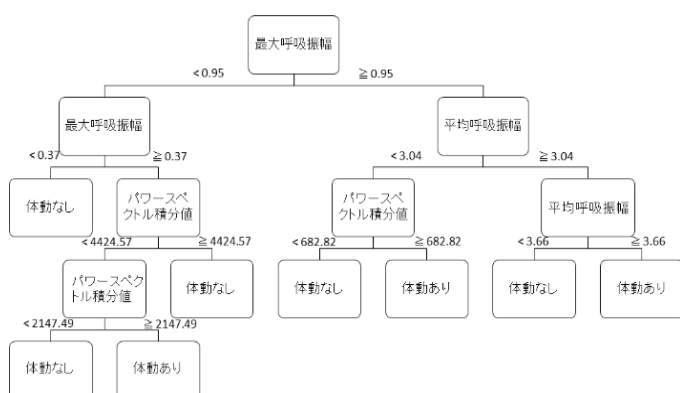


図 6: 体動の有無における決定木

本モデルでは第 1 層で最大呼吸振幅が第 1 選択肢となり、0.95 以上の群は、第 2 層では、平均呼吸振幅となり 3.04 を境に 2 群に分かれ、第 3 層では周波数

スペクトル積分値、平均呼吸振幅となった。一方、第 1 層における最大呼吸振幅が 0.95 以下の群では第 2 層で最大呼吸振幅が選択され、0.37 以上の群において、第 3 層でパワースペクトル積分値となり、4424.57 以下群において、さらに 2 群に分かれ、第 4 層ではパワースペクトル積分値が選択された。

表 2: 体動の観察値及び判別結果

体動		判別分析		合計
		あり	なし	
観測値	あり	36	14	50
	なし	8	199	207
合計		44	213	257

4 考察・結論

KinectV1 から得られたデータは周期運動性のある波形データとなり、呼吸時の胸部運動を反映しており、本システムによる呼吸回数、呼吸周波数の検出は可能であったと考えられる。体動における判別分析においては精度が 91.4% であった。Long らは、睡眠時における呼吸周波数のピークは明らかであるが、覚醒時などは不明確であり、またいくつかのピークがみられ、振幅の大きさにも特徴があると報告していることから [6]、本研究で用いた最大呼吸振幅、平均呼吸振幅、パワースペクトル積分値は決定木分析に有用な因子であったと考えられる。これらのことより呼吸の検出とともに体動を判別することで、本システムにおける定量的な睡眠時のモニタリング評価の可能性が示唆された。

体動が起こるときは、睡眠深度が浅くなる時 [7] や無呼吸からの呼吸再開時に起こるといわれており、呼吸と体動をモニタリングすることで、SAS の早期発見やそれに伴う慢性疾患悪化の予防、SIDS 予防のためのホームモニタリングや睡眠深度を判別し睡眠の質を評価するなどの応用が考えられる。

しかし本研究において、感度 81.8%、陽性的中率 72.0% であり、偽陰性が多く検出される結果となった。今後は、他の要因を考慮し精度の向上を図る必要があると考えられる。

参考文献

[1] Ellen R, Marshall S, Palayew M, et al: Systematic review of motor vehicle crash risk in persons with sleep apnea, J Clin Sleep Med Vol. 2, No. 2, pp. 193-200, (2006)

- [2] Gami A.S, Howard D, Olson E, et al: Day–night pattern of sudden death in obstructive sleep apnea, *New England Journal of Medicine*, Vol. 352, No. 12, pp. 1206-1214, (2005)
- [3] Kales A, Cadieux R, Shaw L, et al: Sleep apnoea in a hypertensive population,.*The Lancet*, Vol. 324, No. 8410, pp. 1005-1008,(1984)
- [4] Logan, A.G, Perlikowski S, Mente A, et al: High prevalence of unrecognized sleep apnoea in drug-resistant hypertension, *Journal of hypertension*, Vol. 19, No. 12, pp. 2271-2277, (2001)
- [5] Oldenburg O, Lamp B, Faber L, et al: Sleep-disordered breathing in patients with symptomatic heart failure A contemporary study of prevalence in and characteristics of 700 patients, *European journal of heart failure*, Vol. 9, No. 3, pp. 251-257, (2007)
- [6] Long X, Fonseca P, Foussier J, et al.: Sleep and wake classification with actigraphy and respiratory effort using dynamic warping. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, Vol. 18, No. 4, pp. 1272-1284, (2014)
- [7] 城 和男 萩原 啓, 赤外線モーションセンサを用いた睡眠時体動の評価, *生体医工学*, Vol. 47, No. 1, pp. 7-14, (2009)