

深度センサを用いた睡眠時における呼吸測定法の提案

Proposal of the Respiratory Measuring Method at the time of the Sleep Using a Depth Sensor

○本間考敏¹, 松村太陽², 小野隆²

*Takatoshi Homma¹, Taiyo Matsumura², Takashi Ono²

Abstract: Recently, influence of the sleep apnea syndrome (SAS) becomes the social problem. This research aims at the probability of the laboratory procedure which eases the burden on humans and can distinguish a respiratory condition easily. This time, the method of distinguishing a respiratory condition by no invading by a depth sensor was proposed, and measurement accuracy was examined. In the result, by performing the additionally averaged processing, it was confirmed to be able to measure with high precision. Therefore, the prospect that the exam of SAS could be conducted was acquired by the depth sensor.

1. はじめに

近年、日中の傾眠や激しい頭痛などの要因である睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome, 以下 SAS) が社会問題となっている^[1]. SAS の検査では複数の接触型センサが用いられており、ヒトへの負荷が大きく検査結果に影響が出ている^[2]. 本研究は、ヒトへの負荷を軽減し容易に呼吸状態を判別できる検査法の確立を目指している. 今回は、深度センサにより無侵襲で呼吸状態を判別する方法を提案し、測定精度について検討した.

2. 提案手法と確認実験

SAS の検査のうち、呼吸運動の検査は胸腹バンドセンサが用いられており、ヒトへの負担は大きく、これを深度センサで代替できれば、胸部と腹部の移動量の時間的変化を非接触で測定できる. Figure 1 は本提案の実現性を確認する実験装置の概要である. 深度センサは Kinect を使用し、撮像サイズは 640×480 pixel, フレームレートは 30 fps とした. 設置位置は、呼吸運動による胸部と腹部の移動量は通常時 ± 2.5 mm 程度の範囲であるため高い精度が必要であることと、利用者の人体寸法^[3]を考慮し定めた. また胸部或いは腹部の動きを模擬するものとして、呼吸運動模擬装置を製作した. これはステッピングモータを駆動源とし、ピストン・クランク機構により 200×200 mm の平板を上下に動かすものである. ステッピングモータの回転速度は、無呼吸の 0 rps, 正常呼吸の 0.25 rps, 頻呼吸の 0.50 rps とし^[4], 平板の移動量は ± 2.50 mm 程度の範囲が望ましいが、製作上の関係で今回は ± 5.40 mm の範囲とした. 測定箇所は、加算平均処理を行わない場合は平板の中心とし、行う場合は平板の中心を中央とした 11×11 pixel から 101×101 pixel まで 10 pixel 毎の 10 通りとした. 測定は、呼吸運動模擬装置を各回転速度に

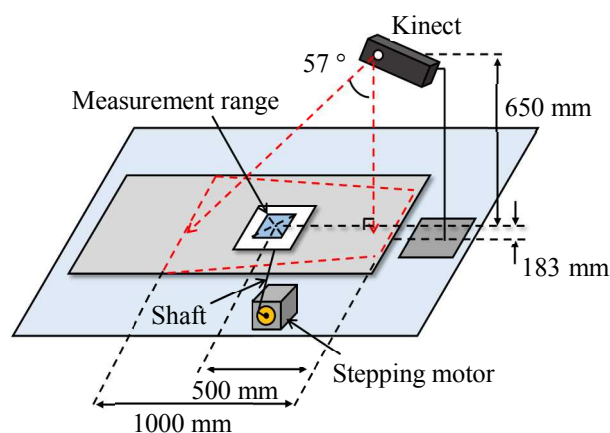


Figure 1. Experiment system

おいて 10 s 間動作させ、撮影したフレーム毎に加算平均処理を行わない場合と行った場合の結果を並列処理するものとした. 実験は、平板の上に衣服の生地 (綿 77%, ポリエステル 23%) をかけて 3 回行った.

3. 実験結果

Figure 2 は 21×21 pixel における測定結果の一例であり、(a) は回転速度が 0 rps, (b) は 0.25 rps, (c) は 0.50 rps の場合である. ここで理論値は、呼吸運動模擬装置の動きを基に算出した. (a) での加算平均処理を行わない場合は、理論値の 820.06 mm と比較して 2 mm の範囲で誤差が生じている. これは Kinect の距離分解能が 2 mm であること、および撮像した時系列画像にショットノイズなどが含まれているためと考えられる. 加算平均処理を行った場合は、平均値 820.10 mm, 標準偏差 0.19 mm と精度よく測定が行えている. (b) 及び (c) も同様に、加算平均処理を行った場合は行わない場合と比較して精度が高いことがわかる. それぞれの加算平均処理を行った場合を比較すると、(c) では波形が少し粗いことがわかる. これは平板の移動量を \pm

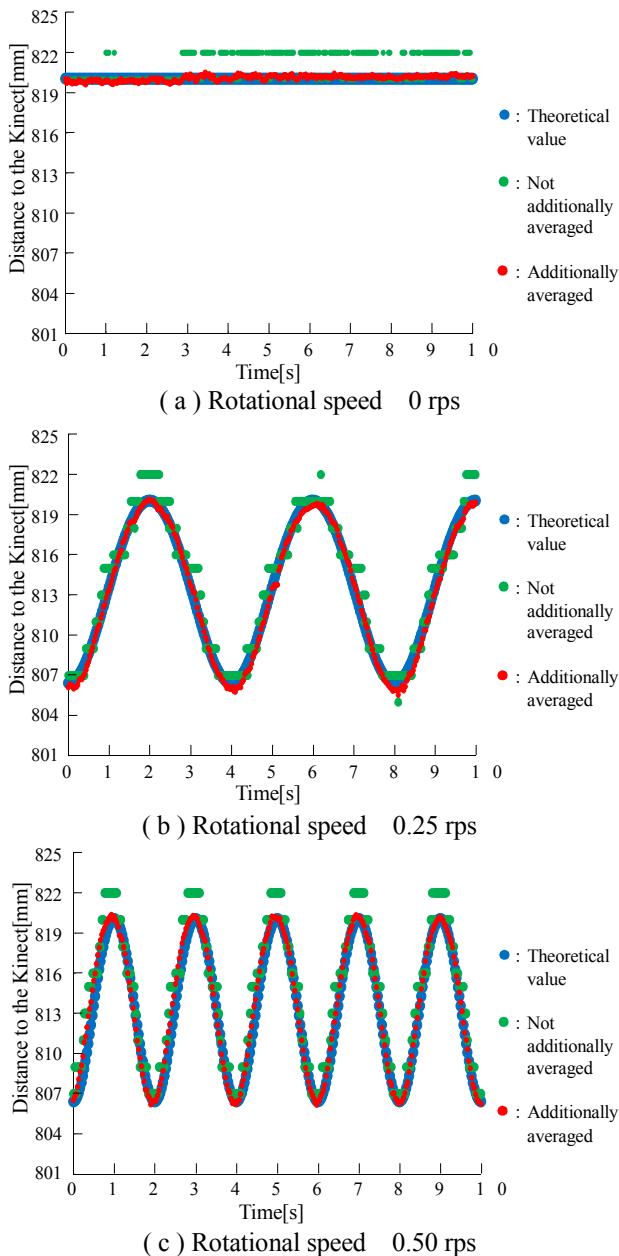


Figure 2. Measurement result (21×21 pixel)

5.40 mm としたことで、平板の移動速度の最大値が大きくなったためと考えられる。そのため呼吸で移動速度が早くなる場合はフレームレートを高くする必要があった。

Table 1 は、Figure 2 (b) , (c) を基に算出した各回転速度における理論値に対する誤差率の平均値と標準偏差である。ここで、胸部の移動量が 5 mm 程度であることを考慮すると、距離分解能は 0.5 mm 程度を有していることが望ましいと考えられる。そこで、理論値に対して ±0.5 mm の誤差がある場合における誤差率の平均値を算出すると、誤差率の目標は $\pm 61.5 \times 10^{-3} \%$ となる。これより、加算平均処理を行うことで、目標としている誤差率を満たし、標準偏差も減少できること

Table 1. Error rate and standard deviation

Rotational speed	Not additionally averaged		Additionally averaged	
	Error rate [%]	Standard deviation [mm]	Error rate [%]	Standard deviation [mm]
0.25 rps	68.7×10^{-3}	1.26×10^{-3}	-27.8×10^{-3}	0.437×10^{-3}
0.50 rps	141×10^{-3}	1.43×10^{-3}	30.7×10^{-3}	0.851×10^{-3}

がわかった。

Figure 3 は、加算平均処理を行った場合の各測定範囲における各回転速度の理論値に対する誤差率を、3回分で平均したものである。赤の破線は目標とする誤差率である。各測定において下回っており、良好な結果であるといえる。この結果より、呼吸運動による移動量は、胸部或いは腹部の中央が最も大きく、中央以外は小さくなるものと考えれば、21×21 pixel を測定範囲とするのが適していると考えられる。

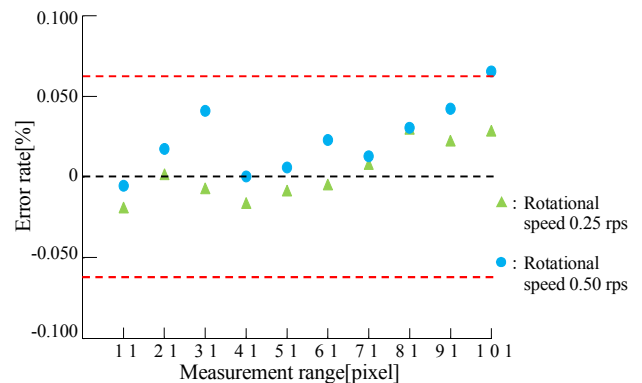


Figure 3. Error rate of each measurement range

4. おわりに

無侵襲で呼吸状態を判別する方法を提案した。また加算平均処理を適用することで、汎用の深度センサを用いて精度よく測定ができることを示した。これより、ヒトへの負荷を軽減し測定結果に影響が少ない SAS の検査法が実現する見込みを得た。

5. 参考文献

- [1] 佐藤:「睡眠呼吸障害 (SDB) を見逃さないために」, 診断と治療社, pp.27-28, 37-48, 2010
- [2] 野田・古池:「終夜睡眠ポリグラフィ」, 生体医工学 46 巻 2 号, pp.134-143, 2008
- [3] 経済産業省:「人体寸法・形状データ (size-APN 2004-2006)」, 2007
- [4] 岡庭:「病気がみえる vol.4 呼吸器 第 2 版」, メディックメディア, p.46, pp.88-91, 2013