

スマートフォンを利用した睡眠時無呼吸症候群簡易検知システムの提案

佐々木麻衣[†] 村田嘉利[†] 高山毅[†] 佐藤永欣[†]
岩手県立大学ソフトウェア情報学部[†]

1. はじめに

現在、日本で約200万人もの人が罹っていると言われる病気に睡眠時無呼吸症候群がある。睡眠中に気道が一時的に閉塞するために繰り返し呼吸が停止する病気である。主な症状として、激しいいびき、睡眠中の体動が激しい、日中の眠気が強くなるなどがある。慢性的な睡眠不足を引き起こすため、車の運転中などに事故を起こしてしまう可能性がある。また、睡眠中に発症するため一人では症状に気づきにくいという問題がある。本研究では、受診をする前に自宅で手軽に睡眠時無呼吸症候群である可能性が高いか否かを知ることができるように、スマートフォンを利用して腹部の動きといびきの音を測定することにより、呼吸の有無を判断し、無呼吸状態を検出するシステムを提案する。

2. 関連装置および研究

医療機関では、呼吸運動、いびきの音などを用いた呼吸の有無の判定、血中酸素濃度を用いた低酸素状態の判定、心電図で不整脈の有無の判定などの結果から診断している[1]。これらの検査を行なうためには、一度病院に行き入院を行なうか、小型の検査機を使い自宅で行なうかのいずれかの方法がある。

山下らは、モニタリングされていることを被験者に意識させないことを目的に、ベッドを用いた無拘束なシステムから検出した体動を用いて呼吸情報抽出を行なっている[2]。ベッド下部に感圧センサを等間隔に複数配置することにより、上半身の対表面変動を計測する。しかし、センサが取り付けられているベッドを使用する必要があるため、個人が手軽に睡眠中の呼吸の有無を調べることができない。

3. 提案手法

3.1. 無呼吸検知の基本概念

本システムでは、スマートフォンを利用し、腹部の動きといびきの音量から無呼吸状態を推定する。推定結果の検証は血中酸素濃度と対

比させて行なう。腹部の上に端末を置き、加速度センサを使い呼吸運動を腹部の動きとして取得する。装着イメージを図1に示す。また、端末のマイクからいびきの音量の取得も行なう。呼吸停止時はいびきの音がなくなり、呼吸再開時はいびきの音が出現し、音も大きくなる。また、腹部の動きも大きくなると考えられる。これら3つの特徴から、無呼吸状態を検知する。

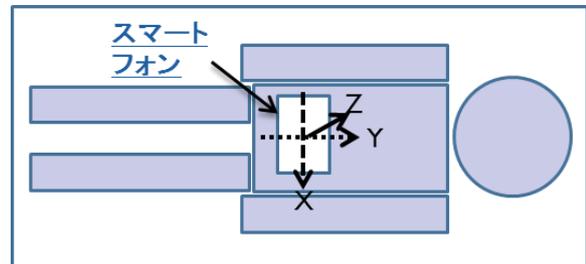


図1 装着イメージ

3.2. プログラムの起動時間の検討

睡眠中に取得を行なうため、端末のバッテリーの消費電力の問題がある。また、長時間処理を行なうため、メモリが不足する可能性もある。そのため、プログラムの起動時間を設定する。まず音量の取得を行い、いびきの発生が確認されたら録音と腹部の動きの加速度の取得を開始する。無呼吸状態であるかどうかの判定を常時行ない、状態が発生したら回数と発生時間を記録しておく。最初に無呼吸状態が発生した時間から1時間経過したらプログラムを終了する。また、いびきの発生が確認されなかった場合は、プログラム開始から1時間経過したら終了する。無呼吸状態の発生が確認されなかった場合は、いびきの発生が確認されてから1時間経過したら終了する。

3.3. いびきの検知方法

端末が取得してしまうノイズや、布団などで擦れた際に発生する音などの環境音を除去するために、プログラムを開始して10分間の音量の最小値を求める。最小値に一定の値を足して閾値とし、閾値より大きい音をいびきとする。また、一度出現しただけではいびきではない可能性もあるので、1分間に5回以上出現したらいびきとする。閾値を最小値+30にした結果のグラフを図2に示す。グラフと録音したいびき

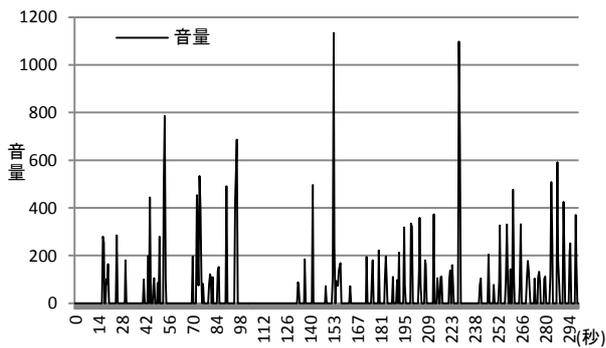


図 2 いびきの音量

の音声を比較した結果、取得した音量がいびきであると判断できた。

3.4. 腹部の動きの検知方法

センサ自体の精度や感度による誤差、手ぶれの影響を除去し、低周波成分を検出するため、ローパスフィルタをかける。

$$\text{出力値} = 0.9 * \text{ひとつ前の値} + 0.1 * \text{取得したセンサ値} \quad (1)$$

重力の影響を除去するため、取得したセンサの値からローパスフィルタの出力を引く。ここでは加速度の大きさの変化を利用することから、XYZ 軸の合成値とする。

呼吸再開時の体動の大きさは、通常呼吸時の腹部の動きより大きく、寝返り時の体動より小さい範囲のデータを抽出する必要がある。

図 3 に通常呼吸時のデータを示す。通常呼吸時の体動の大きさは、0.15 より小さい値がほとんどであるのが分かる。また、寝返りをしている時のデータを図 4 に示す。0.3 より大きい値が出ているのが分かる。更に、1 秒以上大きい値が連続して出ているのが分かる。以上より、加速度が 0.15m/s^2 より大きく、かつ 0.3m/s^2 以下が 1 秒以内を無呼吸状態の判定の腹部の動きの大きさとする。

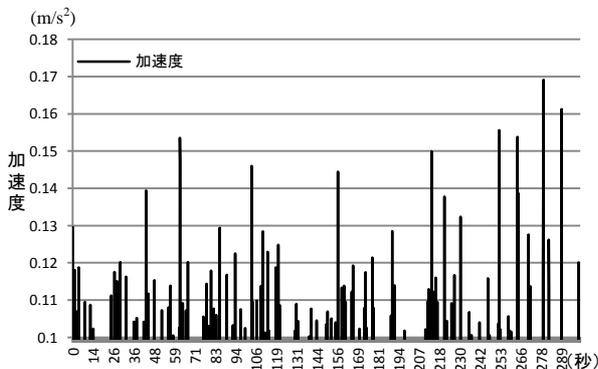


図 3 通常呼吸時の腹部の動き

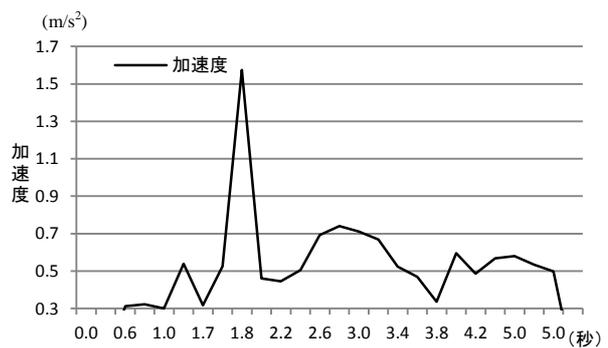


図 4 寝返り時の腹部の動き

4. 測定結果

無呼吸状態から呼吸再開時の腹部の動きを表したグラフを図 5 に示す。丸で囲んでいる所で呼吸再開時に大きな体動が起きている。この場所は同時に大きいいびきが出ている。この体動の前はいびきの出現が疎らになっており無呼吸状態になっている。そのため、数秒後に血中酸素濃度が低下しているのが分かる。以上のことから 2 つの値を使用しての無呼吸状態の推定は可能と言える。

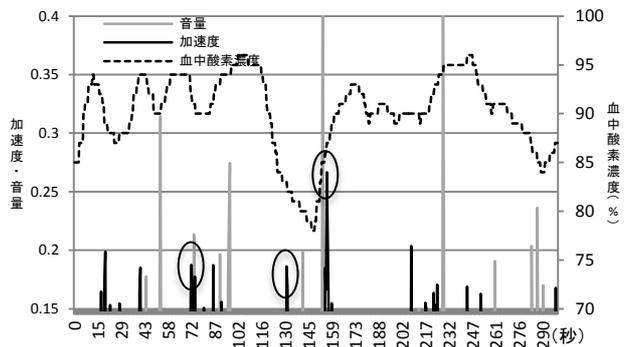


図 5 呼吸再開時の腹部の動き

5. まとめと今後の展望

本稿では、スマートフォンを利用し睡眠時無呼吸症候群の検知システムの開発を行なった。腹部の動きの加速度の値といびきの音量から無呼吸状態の判断が可能となった。今回は取得データ数が少なく、個人差や端末差の検討はできていないので、今後多くの被験者に対して睡眠中の腹部の動きといびきの測定を実施する必要がある。

参考文献

- [1] SHIBATA CLINIC, <http://shibata-ent.jp/jibi/ibiki04.htm>
- [2] 山中 幸治, 小栗 宏次, 岩田 彰: 無侵襲ベッドサイドモニタリングのための呼吸情報の抽出, 電子情報通信学会技術研究報告 102(341), 25-28, 2002