

画像処理・音響処理を用いた睡眠時無呼吸検知技術の開発

野村 洸太* 笠原 竹博** 上田 芳弘** 中村 宗広*** 南保 英孝* 木村 春彦*

緒言

睡眠時無呼吸症候群(SAS)は、昼間に眠気に襲われ交通事故を引き起こす原因とされているが、循環器疾患を合併症として持つことも多い。自覚症状が少なく重篤な病気を引き起こすことから早期発見が重要とされている。本研究では、検査の前段階として使用できる、低コストで低負担な閉塞性睡眠時無呼吸(OSA)検知手法を提案する。具体的には、カメラやマイクといった比較的安価で非接触なセンサを用いることで低コスト・低負担を実現し、画像処理と音響処理を組み合わせることで精度の向上を図る。

提案手法

本システムは、被験者を撮影するためのカメラと、いびき音を録音するためのマイク、処理を行うPCから構成される。提案するシステムの処理フローを図1に示す。画像処理と音響処理を組み合わせることで、用いるマイクやカメラの種類や実験環境の変化に耐性を持たせ、精度の向上を図る。

画像処理

画像処理の大まかな流れは図2のとおりである。画像処理では、被験者の胸部を撮影し、前処理によって呼吸による胸の動きから呼吸波形を捕らえ、信号を処理し解析する。正常に呼吸できていない人は呼吸波形の周期性が乱れるため、この特徴を陽性陰性の判断基準とすることで分類する。カメラは、睡眠中の被験者の上半身がすべて映るように横から撮影する。撮影中は、被験者に白色の照明を当てて被験者の動きがわかるようにする。被験者が明るい環境での睡眠が困難である場合は、赤外線照明を当て、赤外光を撮影可能なカメラを用いる。また、寝返りなどの寝相に制限をかけることなく自然な状態での睡眠を撮影する。

音響処理

音響処理は大まかに図3のような流れで処理する。音響処理では、被験者のいびきの音を録音し、いびきの音のみを抽出して特徴を計算して分類する。いびきの音は、OSAの深刻度に比例していびきごとに変動性が高くなることが知られており、深刻度が高いほど周波数などの特徴にばらつきが生じることを利用して分類を行う。録音は、睡眠中の被験者が発するいびき音を

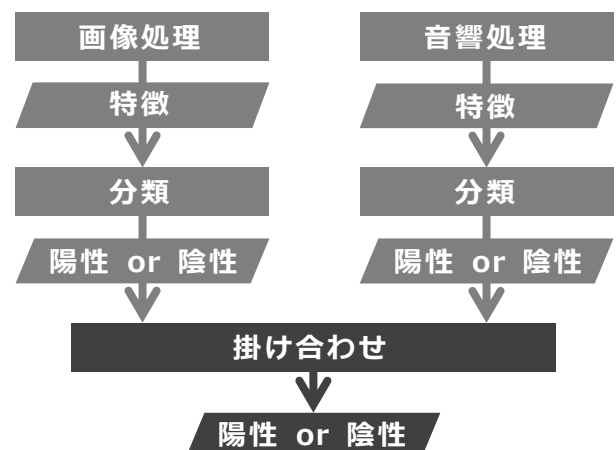


図1 システムの大まかな流れ

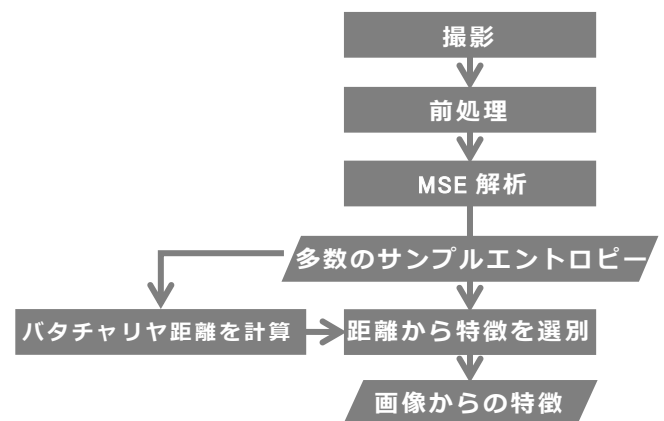


図2 画像処理の大まかな流れ

*金沢大学 **電子情報部 ***金沢工業大学

捉えられるように設置する。出来るだけいびき音のみを録音できるよう、指向性のあるマイクであれば被験者の頭部に向けて録音する。周波数帯域はいびきの音が主に分布する150～2000Hzをカバーするマイクを使用する。

分類

画像処理, 音響処理によって得られた特徴を用いて, それぞれの処理における分類の結果を出す。分類にはサポートベクターマシン(SVM)を使用する。使用するカーネルはRBFカーネルを使用し, SVMのパラメータC, σ はグリッドサーチによって決定する。

画像処理, 音響処理の双方から得られた結果から最終的な分類結果を次のように求める。

- ① 双方の結果が一致した場合は, その結果を最終分類結果とする。
- ② 双方の結果が一致しなかった場合は, いびきの有無を考慮し, いびきがある場合は音響処理結果を, いびきが無い場合は画像処理結果を最終結果として採用する。

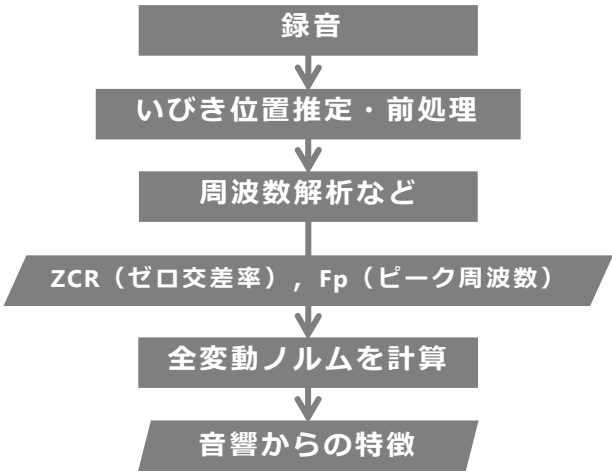


図3 音響処理の大まかな流れ

実験

普段からよくいびきをかいている, 呼吸が止まっていると指摘される男性4人の協力を得てデータを取得した。データ取得場所は各々の自宅とし, 録音録画と同時にパルスオキシメータによるデータ取得も行った。1晩で6時間分のデータを取得し, 1時間ごとに区切ることで, 計24個のデータとして解析を行った。

睡眠時無呼吸の症状の深刻度は, 1時間あたりの無呼吸と低呼吸の合計回数である無呼吸低呼吸指数AHIによって示される。パルスオキシメータは血中酸素飽和度であるSpO₂を記録できるが, この値からAHIとの関連が高いODI(酸素飽和度低下回数/測定時間)が計算できる。取得したデータ24個のODIから, 自覚症状の有無を問わないOSAの定義 AHI>5 を基準に, ODI>5となるデータを陽性, ODI≤5となるデータを陰性として定めた。その結果陽性のデータ数11, 陰性のデータ数13となった。

得られた24個のデータに対して解析し, 精度の計算は一对多交差検定を用いた。画像処理, 音響処理単体での分類結果と最終結果の比較を表1に示す。

表1 各処理と最終結果との比較

処理	画像結果	音響結果	最終結果
正解率[%]	79.2	83.3	87.5
感度[%]	54.6	81.8	100
特異度[%]	92.3	84.6	76.9
陽性的中率[%]	87.5	81.8	78.6
陰性的中率[%]	75.0	84.6	100

結言

- (1) 安価で身近なセンサであるマイクとカメラを用いて, これらから得られる音響データと画像データをPCで解析し, その結果からOSA検知を行う技術を開発した。
- (2) 音響処理と画像処理によりそれぞれ分類し, いびきの有無によってどちらの結果を優先するかを決定することで, 単独の結果よりも精度の良い検知が可能であることを明らかにした。

論文投稿

日本設備管理学会誌 2015, vol. 27, no. 1, p. 12-20.