

睡眠時無呼吸症候群(SAS)検知技術の開発

電子情報部 ○笠原竹博 米沢裕司

1. 目的

睡眠時無呼吸症候群 (SAS: Sleep Apnea Syndrome) は日中に過度の眠気を引き起こすだけでなく、高血圧や糖尿病の原因にもなりうる疾病である。SASの有病率は人口の 2~3%と報告されているが、そのうち医療機関を受診している割合は 1 割にも満たないと言われており、より多くの人が適切な検査によって治療を受けることが求められている。これを解決するための有効手段の 1 つは、SAS疾患の疑いのある人に受診を促せるような、手軽にスクリーニング検査が実施できる手法を開発することである。そこで、広く普及している非接触センサであるカメラとマイクを用いて簡易に行える、SAS検知技術を開発した。

2. 内容

2.1 開発手法

本研究では、マイクとカメラから得られる音響と画像のデータから、機械学習を用いると共に音響処理と画像処理を組み合わせることによって、単独での処理よりも精度良くSASを検知する技術を開発した。

音響処理では、SAS患者のいびきは音の高さと大きさが不安定であることから次の手順でSASと非SASの分類を行った。図 1 に示すように、睡眠時に録音した音響データからいびきを抽出し、いびき毎に周波数特徴を示すZCR(ゼロ交差率)と音量の大きさを示すPWR(パワー値)を算出した。また、ZCRとPWRの時間的な変動量であるTVzcrとTVpwrを求めた。

被験者毎のTVzcrとTVpwrの 2 次元プロットの例を図 2 に示す。SASの被験者は図 2 の右上の領域にプロットされ、SASではない(非SAS)被験者は図 2 の左下の領域にプロットされる。そこで、このTVzcrとTVpwrに基づいて、SASと非SASの分類を行うようにした¹⁾。この際、多数の被験者の音響データを、機械学習を用いて解析することにより分類の基準線(図 2 中の曲線)を求めることで、分布に合わせて分類できるようにした。

画像処理では、睡眠時の胸腹部の動画データから時間経過によるフレーム間差分画像を作成した(図 3)。この差分画像の明部は呼吸に伴う体動などを表している。そして、この差分画像の画素値合計の時系列データ(図 4)からは体動すなわち呼吸の周期性が分かる。睡眠時の呼吸の周期性とSASとの間には密接な関係があることから、周期性の指標値であるMSE(Multi Scale Entropy)を時系列データから算出し、MSEの値に基づいてSASと非SASの分類を行った²⁾。分類の基準線は、音響処理と同様に機械学習を用いて求め、分類精度を高めた。

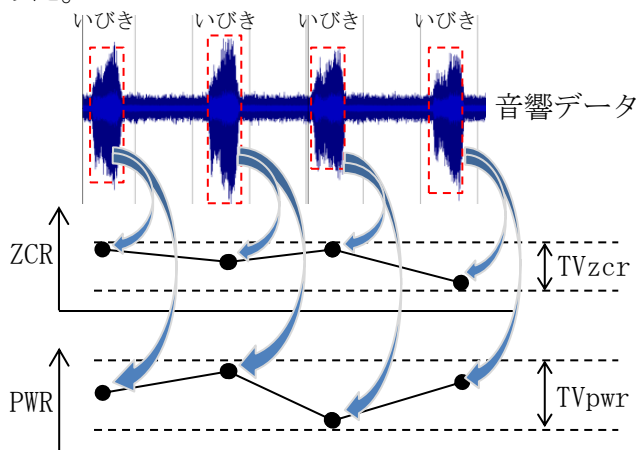


図 1 音響データからTVzcrとTVpwrの算出

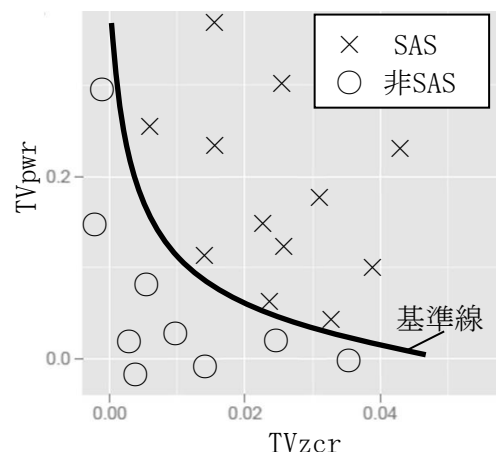


図 2 SASと非SAS分類の概念図

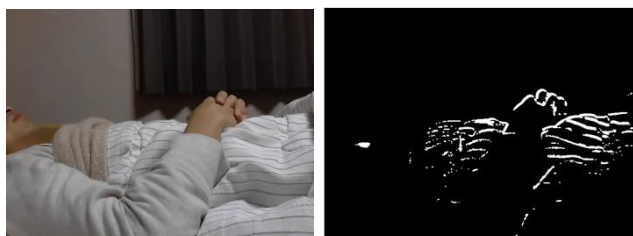


図3 胸腹部画像とフレーム間差分画像

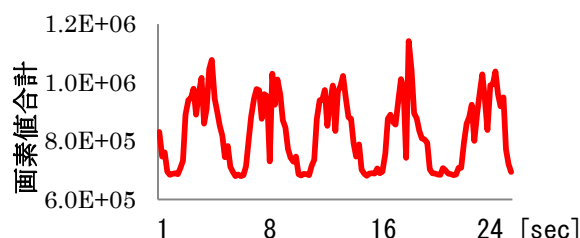


図4 差分画像画素値合計の時系列データ

ここで、後で示す表 1 でもわかるように音響処理による分類結果と画像処理による分類結果とは必ずしも一致しない。そこで本開発では、音響処理でいびきが抽出された場合には音響処理の結果を優先し、抽出されなかった場合には画像処理の結果を優先することにより、分類精度を高めることとした。

2. 2 実験

カメラとマイクをベッド付近に設置し、録音と録画によるデータ収集をPCで行った。設置の様子を図 5 に示す。

被験者は、金沢医科大学でSAS診断を受けた延べ 55 名と、自宅に実験機材を設置して協力を得た一般の被験者延べ 27 名とした。なお、機械学習と精度評価に必要なSASまたは非SASの真値は、金沢医科大学での被験者では終夜ポリソムノグラフィー (PSG) 検査の結果とし、自宅での被験者は睡眠時に装着したパルスオキシメータによる血中酸素飽和度データを基に金沢医科大学の医師に判断を仰いだ。

得られたデータに対して解析を行った。画像処理、音響処理単体での分類結果と、両者を統合した分類結果の精度比較を表 1 に示す。



図5 マイクとカメラの設置

表 1 分類結果

精度\分類処理	①音響	②画像	③統合
正診率	85.4%	81.7%	89.0%
偽陰性率	14.8%	18.5%	7.4%
偽陽性率	14.3%	17.9%	25.0%

正診率 : 全体のうち、SASデータを正しく陽性、
非SASデータを正しく陰性と分類した割合
偽陰性率 : SASデータのうち、
間違って陰性と分類した割合
偽陽性率 : 非SASデータのうち、
間違って陽性と分類した割合

3. 結果

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 SAS 検知を行う技術を開発した。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。

本研究は、(株)コスモサミット、金沢医科大学、金沢大学の協力を得て行われました。ここに深く感謝申し上げます。

- 1) Ali Azarbarzina, Zahra Moussavia : "Snoring sounds variability as a signature of obstructive sleep apnea", Medical Engineering & Physics, Vol.35, No.4, pp.479-485 (2012)
- 2) Elnaz Gederi, GariD. Clifford : "Fusion of Image and Signal Processing for the Detection of Obstructive Sleep Apnea", Biomedical and Health Informatics (BHI), 2012 IEEE-EMBS International Conference on, pp.890-893 (2012)