

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24700498

研究課題名(和文)国際標準化を目指したいびき解析による無呼吸症候群自動診断システムの開発

研究課題名(英文)Towards an international standard for snore-based obstructive sleep apnea syndrome diagnosis

研究代表者

榎本 崇宏 (Emoto, Takahiro)

徳島大学・ソシオテクノサイエンス研究部・講師

研究者番号：90418989

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：国際標準化を目指して、いびき解析による閉塞型睡眠時無呼吸症候群自動診断システムの開発を行う事を目的とする。この目的を達成するために、主に以下の方法を構築した。(1)睡眠音から背景雑音に埋もれた呼吸音でさえ、高精度に自動検出できる、ニューラルネットワーク(NN)に基づく呼吸音検出法、(2)信号包絡線の情報に数値化した特徴量：PNAR(正負振幅比)を用いた呼吸音、いびき分類法、(3)従来法と同等の精度で高速に検出可能な、NNに基づく新たな呼吸音検出法の基礎、(4)人間の聴覚特性を模したモデルを用いた睡眠音分類システムの基礎、(5)絶対音感を持つ人の聴覚系の信号処理を模擬した絶対音感モデルの基礎

研究成果の概要(英文)：Towards an international standard for snore-based system for the diagnosis of obstructive sleep apnea syndrome (OSAS), we have developed the following five methods:(1)neural network(NN)-based breathing sound detection method which can accurately detect breathing sounds in a sleep sound recording, (2) automatic method to classify snore and breathing sounds using the feature: 'positive/negative amplitude ratio (PNAR)' to capture the shape of the sound signal, (3)NN-based fundamental approach which is capable of rapidly detecting breathing sounds with low signal to noise ratio (SNR) with the same accuracy as the conventional method, (4)a basic approach to classify the sleep sound into two categories using a model considering human auditory properties, (5)a fundamental approach to model the basic hearing abilities of absolute pitch possessors.

研究分野：生体医工学

キーワード：閉塞型睡眠時無呼吸症候群 いびき 呼吸音 非接触 高速化 モデル

### 1. 研究開始当初の背景

近年、睡眠時無呼吸症候群(SAS)は新幹線などの運転手の居眠り事故をきっかけに社会に認知され始めたが、日中の強い眠気だけではなく、生活習慣病である脳卒中、心臓病、高血圧、糖尿病などと密接に関連することが指摘されている。SASの中でも閉塞型睡眠時無呼吸症候群(OSAS)は臨床上最も頻度が多く、世界的な疫学調査によれば、OSASの有病率は、人口の5-10%と報告されている。肥満はOSASの発症のリスク要因と言われているが、そのリスクには人種差があり、欧米人と比較して肥満の程度が軽度である我々特有の顎顔面形態が発症のリスクに大きく関与していると言われている。

現在、OSASの確定診断には、一泊の入院を必要とするPSG検査が国際的なゴールドスタンダードとされている。検査の測定項目は、脳波、眼球運動、呼吸、換気運動、体位など多項目にわたる。しかしながら、終夜にわたる検査は、患者にとって大きな負担となるはずである。

OSASは上気道の閉塞が原因であり、代表的な特徴として爆発音のような大いびきが挙げられる。このようないびきは、一般的に、酸素を体内に供給しようと、大きく空気を吸い込もうとするために発生しており、OSASに関する情報は、いびきの中に組み込まれているはずである。

### 2. 研究の目的

本研究では、国際標準化を目指して、いびき解析による閉塞型睡眠時無呼吸症候群自動診断システムの開発を行う事を目的とする。

### 3. 研究の方法

(1)睡眠時に録音したデータ(睡眠音)から呼吸音を検出するために、ニューラルネットワーク(NN)に基づく新たな方法を提案する。提案法では、前向き予測結果、後ろ向き予測結果を用いることにより、NNの初期値による影響を抑えている。

(2)睡眠音から呼吸音といびきを自動分類するために、信号波形から得られる包絡線情報を表すPNAR(正負振幅比)を用いた分類法を提案する。

(3) NNを用いた呼吸音検出法を開発したが、複数のNNの学習に要する時間が問題となっていた。この問題を解決するために、NNのテスト過程を効果的に利用する新たな方法を提案する。

(4)睡眠音の分類を行うために、人間の聴覚特性を模したモデルによる睡眠音分類法を提案する。

(5)いびきから新たな音響特徴量を抽出することを考慮して、絶対音感を持つ人の聴覚系の信号処理を模擬した絶対音感モデルの提案を行う。

(6)日本のいびきデータベースとオーストラリアのいびきデータベースから抽出された音響特徴量をもとに、OSASスクリーニング精度の比較検討を行う。

### 4. 研究成果

(1) シミュレーション実験により、NNを用いた呼吸音検出法は睡眠音から背景雑音に埋もれた呼吸音でさえ、感度:0.892、特異度:0.874で検出できることを確認した。図1には、例として(a)睡眠音から抽出した呼吸音サンプル、(b)PNARの計算に使用する、各セグメントにおける正の振幅の最大値(緑線)、負の振幅の最大値(赤線)を示す。

(2) PNARに基づく呼吸音・いびき分類法を用いて、40人の録音データから得られた、いびき、呼吸音を分類した結果、感度:0.923、特異度:0.918という高い分類精度が得られた。

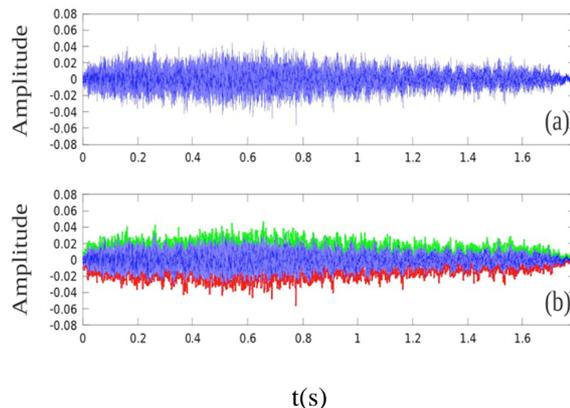


図1 (a)呼吸音サンプルと(b)PNARの計算に利用する、各セグメントにおける正の振幅の最大値(緑線)、負の振幅の最大値(赤線)

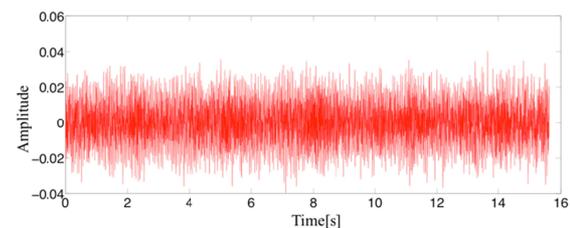


図2 睡眠音に含まれる呼吸音

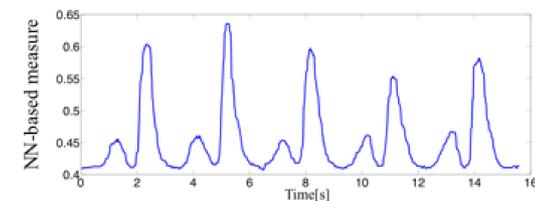


図3 提案法により得られた指標値の結果

(3) NNのテストを有効活用することにより、睡眠音から呼吸音を検出する方法の提案を行った。シミュレーション実験により、提案法は、NNの学習時間を大幅に短縮することができ、従来法の十分な検出精度を維持したまま、高速に、低信号対雑音比(SNR)の呼吸音を検出できることがわかった。図2は、睡眠音に含まれている呼吸音の例を示す。図3には、図2の信号から提案法

を用いて得られた指標値の結果を示す。図4には、提案法により得られた呼吸音検出結果(1は呼吸音、0は呼吸音以外の音)を示す。なお、破線は睡眠音の視聴により得られた結果を示す。

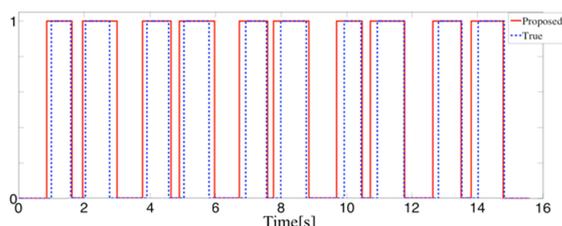


図4 提案法により得られた呼吸音検出結果

(4) 人間の聴覚特性を模したモデルから得られる特徴量を用いて、睡眠音に含まれる、いびきといびき以外の音、OSASと単純いびき症のいびきを分類できるか基礎検討を行った結果、それぞれ、高い精度で分類できることが確認できた。

(5) 研究用音楽データベースに収録されている12個の音名を用いて推定精度を計算することにより、提案した絶対音感モデルの有効性を確認することができた。

(6) 日本のいびきデータベースとオーストラリアのいびきデータベースから抽出された特徴量をもとに、OSASスクリーニング法の性能を比較検討した結果、日本人のいびきのピッチ情報にはOSASに関するより多くの情報が含まれていると示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

1. Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Takeshi Shono, Ryo Nonaka, Osamu Jinnouchi, Ikuji Kawata, Masatake Akutagawa and Yohsuke Kinouchi: Auditory Image Model for the Characterisation of Obstructive Sleep Apnoea, *Proceedings of the 12th IASTED International Conference on biomedical engineering(biomed 2016)*, pp.145--148, Austria, Feb. 2016. 査読有, DOI : 10.2316/P.2016.832-031
2. Shono Takeshi, Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Masatake Akutagawa and Yohsuke Kinouchi: A Human Absolute Pitch Model for Identifying Musical Pitch, *Proceedings of the 12th IASTED International Conference on biomedical engineering(biomed 2016)*, pp.60--63, Austria, Feb. 2016. 査読有, DOI : 10.2316/P.2016.832-050
3. Takahiro Emoto, Masato Kashihara, Udantha

R. Abeyratne, Osamu Jinnouchi, Ikuji Kawata, Masatake Akutagawa, Shinsuke Konaka and Yohsuke Kinouchi: Signal shape feature for automatic snore and breathing sounds classification, *Physiological Measurement*, Vol. 35, pp. 2489-2499, Nov. 2014. 査読有, DOI : <http://dx.doi.org/10.1088/0967-3334/35/12/2489>

4. Masato Kashihara, Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Ikuji Kawata, Masatake Akutagawa, Shinsuke Konaka and Yohsuke Kinouchi: Automatic Snore and Breathing Sound Classification based on the Signal Envelope, *Proceedings of the 10th IASTED International Conference on biomedical engineering(biomed2013)*, pp. 46-49, Feb. 2013. 査読有, DOI : 10.2316/P.2013.791-061
5. Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Yongjian Chen, Ikuji Kawata, Masatake Akutagawa and Yohsuke Kinouchi: Artificial neural networks for breathing and snoring episode detection in sleep sounds, *Physiological Measurement*, Vol. 33, pp. 1675--1689, Sep. 2012. 査読有, DOI : <http://dx.doi.org/10.1088/0967-3334/33/10/1675>

[学会発表](計5件)

1. 藤原裕平, 榎本崇宏, Udantha R. Abeyratne, 陣内自治, 川田育二, 芥川正武, 小中伸典, 木内陽介: いびき音解析による閉塞性睡眠時無呼吸の診断法の国際比較に関する基礎検討, 第38回日本生体医工学会中国四国支部大会, 2015年11月28日, 広島市立大学.(広島県広島市)
2. 庄野剛史, 榎本崇宏, 芥川正武, 小中信典, 木内陽介: 絶対音感モデルによる音響解析の基礎的検討, *電気学会研究会資料*, Vol.IIC-15-012-015017018, 13~16頁, 2015年6月25日.(徳島県徳島市)
3. 川野憲市郎, 榎本崇宏, 芥川正武, 木内陽介, 小中信典, 川田育二, 陣内自治, Udantha R. Abeyratne: マイクロフォンにより録音された呼吸音のニューラルネットワークに基づく高速検出法, 第54回日本生体医工学会大会抄録集, 239頁, 2015年5月8日.(愛知県名古屋市)
4. 野中亮, 榎本崇宏, Abeyratne R. Udantha, 陣内自治, 川田育二, 芥川正武, 小中信典, 木内陽介: いびき音解析に用いる睡眠音分類法の開発, *ライフエンジニアリング部門シンポジウム2014論文集*, 333~334頁, 2014年9月19日.(石川県金沢市)
5. 榎原雅人, 榎本崇宏, Abeyratne R. Udantha, 川田育二, 芥川正武, 木内陽介, 小中信典: 振幅情報に基づくいびき音一呼吸音分類, 第28回信号処理シンポジウム, 259~260頁, 2013年11月21日.(山口県下関市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

榎本 崇宏 (Emoto Takahiro)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス

研究部・講師

研究者番号：90418989