

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21700509

研究課題名（和文） 鼾解析による新しい閉塞型無呼吸の診断支援に関する研究

研究課題名（英文） Diagnostic support of obstructive sleep apnea based on snoring analysis

研究代表者 榎本 崇宏 (TAKAHIRO EMOTO)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・助教

研究者番号：90418989

研究成果の概要（和文）：

閉塞型無呼吸症候群(OSA)の確定診断に必要とされている睡眠ポリグラフ(PSG)検査に代わる方法を目指して、いびき解析によるOSA診断法について検討を行ってきた。その結果として、雑音耐性に優れたいびきのホルマント周波数解析により、第一ホルマント周波数はOSA診断において高い診断能を有することを示した。高周波帯域に関するいびきの周波数スペクトルの違いを調査し、5kHz以上の周波数帯域にもOSAと単純鼾症を識別できる違いがある事を示した。いびきの非線形性の検定を行うことにより、OSAいびきは単純いびきに比べて、強い非線形性を示すことが分かった。睡眠音から、低SNRのいびき、呼吸音を抽出する方法を提案し、その有効性が確認された。

研究成果の概要（英文）：

As an alternative to polysomnography test, we attempted to develop the snore-based OSA diagnosis techniques. The results obtained show that: (i)high diagnosis accuracy is achieved by noise-robust formant detection, (ii)there is a significant difference between OSA and non-OSA snorers in the high frequency region >5kHz,(iii)apneic snores exhibits more complex behavior with nonlinear dynamic properties compared to non-apneic snores,(iv)neural network-based method developed can detect the low SNR snore-breathing episode.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000円	240,000円	1,040,000円
2010年度	1,200,000円	360,000円	1,560,000円
2011年度	1,200,000円	360,000円	1,560,000円
年度			
年度			
総計	3,200,000円	960,000円	4,160,000円

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：いびき、無呼吸症候群、診断支援

1. 研究開始当初の背景

日中に強い眠気に襲われる『睡眠時無呼吸症候群(SAS)』は近年、新幹線などの運転手の居眠り運転事件でも注目されている疾患である。また、睡眠中の無呼吸により酸素不足がおこり、脳や心臓などへ悪影響をおよぼす。脳卒中や心臓病・高血圧などをおこしやすく、無呼吸の程度がひどい場合、生命にも影響することが分かっている。

SASの中でも特に閉塞型睡眠時無呼吸(OSA)は臨床上最も頻度が多く、日本では100万人～200万人の患者がいると言われている。この疾患は国際的にも非常に大きな問題となっており、大規模な調査報告書「WakeUp America」によると、アメリカでは約1200万人の患者がいると報告されている。現在のところ、確定診断のためには、睡眠ポリグラフ検査(PSG)が不可欠である。PSGの測定項目は、脳波、眼球運動、呼吸、酸素飽和度、心電図、体位など多項目にわたる。しかしながら、検査結果の解析、解釈が必要とされる。また、長時間、多くの測定用センサを体に取り付ける必要があるため、患者によっては負担となる。

OSAは上気道の閉塞がその原因であり、代表的な特徴として荒々しい鼾(いびき)が挙げられる。そのことから、いびき発生時、上気道は音響フィルタのように働き、OSAは上気道の部分的、もしくは完全な閉塞に関連していると考えられる。

このように、いびきはOSAの代表的な特徴の1つであり、これまでに、いびきの周波数解析に基づいたOSA診断に関する研究が行われてきた。例えば、AHIと600Hz以下のスペクトルの平均周波数が調査され、それらの間には相関関係が認められると報告されている。また、原氏はOSAに随伴するいびきは1kHz以上にピークが見られ、OSAの上気道狭窄部位といびき周波数分布との関連性を指摘した。そのほか、100Hzから500Hzの周波数帯を比較することにより、単純いびき症のいびき(単純いびき)とOSA患者のいびき(OSAいびき)を識別できることも報告されている。

Soler氏らは、いびきのスペクトル包絡線を調査することにより、単純いびきとOSAいびきとの違いを示した。さらに、OSAいびきは単純いびきと比較して、いびきエピソード(1いびきエピソードは、1回の呼吸の際に生じる鼾を意味する。)のホルマントの標準偏差が高くなることを報告した。Andrew氏らの研究においては、特に、OSAいびきの第1ホルマント(F1)が単純いびきのF1より高いことを示した。

2. 研究の目的

本研究では、OSAいびきと単純いびき、両者

におけるエピソード内の特徴を詳しく調査するとともに、その特徴を反映した評価指標を用いて、精度の高いOSAスクリーニングの実現を目的とする。

3. 研究方法

この研究では日本、もしくはオーストラリアで録音されたいびきを用いた。日本では、阿南共栄病院(徳島県)の協力の下、いびきの録音を行っている。全ての録音は患者がPSG検査を受けている間に行われた。録音データの中からいびきだけを抽出するために、数人の聴取者による聴感評価試験を行った。一人でもいびきと認められない音は解析対象とはならなかった。

そのような試験を通して抽出したいびきを用いて、下記研究を中心に研究を行ってきた。

- (1) 低SNRのいびきも存在するため、自己相関関数の雑音低減能力を用いて、いびきのホルマント周波数抽出法の雑音耐性を向上させる方法を提案し、提案法の有効性を確認する。ROC解析を行い、OSAの診断における診断能の評価を行う。
- (2) いびきの周波数スペクトルは5kHz以下で特徴付けられると考えられ、その範囲でOSAいびきと単純いびきが分類できると報告されている。本研究では5kHz以上の高い周波数成分を調査することによりOSAいびきと単純いびきを分類できるかどうか検討を行う。図1, 2には5kHz以上に見られるOSAいびきと単純いびきのスペクトログラム上の違いの例を表す。
- (3) いびきは既存の線形手法で捉えることの出来ない非線形性を有すると考えた。ニューラルネットワーク(NN)を用いていびきの非線形性を調査する方法を開発し、開発した方法がOSAいびきと単純いびきに対して検定を行った。
- (4) 睡眠中の録音データ(睡眠音)には、背景音、咳、ベッドノイズ、呼吸、いびきなどが含まれる。睡眠音から、いびきに関連する音のみを抽出するためには、まず音区間を検出する必要がある。非線形ARモデルに基づくNNを用いた低SNR音(いびきや呼吸音)を検出する方法を提案し、シミュレーションにより提案法の有効性を検討する。

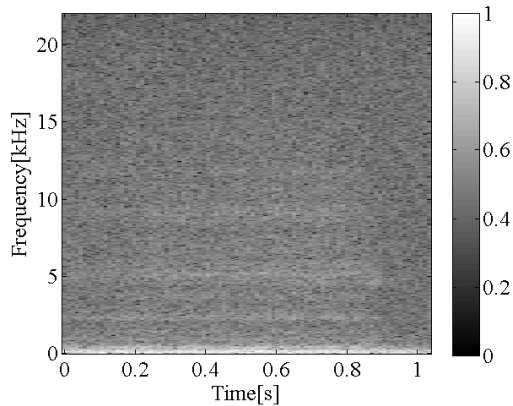


図1 単純いびきのスペクトログラムの例

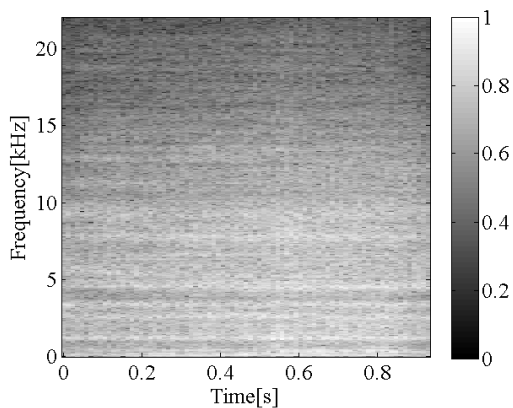


図2 OSAいびきのスペクトログラムの例

4. 研究成果

以上の結果,

- (1) 自己相関関数の雑音低減能力を用いて、いびきのホルマント周波数抽出法の雑音耐性を向上させる方法を開発し、その方法の有効性を確認することができた。また、18人のいびきの第一ホルマント周波数を基にROC解析を行い、OSAの診断における診断能の評価を行うことにより、高い診断能(感度:88.9%, 特異度:88.9%, AUC:0.85)を得ることが出来た。
- (2) 高周波帯域に関する周波数スペクトルの違いを表現する方法を開発し、20人の患者から得られたいびきに対して、その性能の評価を行った。結果として、5kHz以上の周波数帯域にOSAと単純いびき症を識別できる違いがある事を示した。本研究により、今まで検討されてこなかったOSAに関する

情報がいびきの高周波帯域に含まれていることを示した。

- (3) NNを用いていびきの非線形性を検定する方法を開発し、いびきの非線形について調査を行った。27人の患者から得られたいびきに対して非線形性の検定を行うことにより、OSAいびきは単純いびきに比べて、強い非線形性を示すことが分かった。現在までに、いびき解析に基づくOSA診断法が提案されているが、非線形性検定はこの方法の更なる性能向上に役立つと思われる。
- (4) 睡眠中に録音されるデータには、背景音、いびきに関連する音などが含まれる。NNを用いて、録音データから、低SNRのいびきに関連する音でも抽出できる方法を開発した。OSAいびきと比較して、一般的に単純いびきや呼吸音はSN比が劣化することが知られているが、そのような音でさえも開発した方法を用いることにより精度良く抽出できることを示した。

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, Masatake Akutagawa, Shinsuke Konaka and Yohsuke Kinouchi, “High Frequency Region of the Snore Spectra Carry Important Information on the Disease of Sleep Apnea”, *Journal of Medical Engineering and Technology*, Vol. 35, No. 8, pp.425–431, 2011.[査読有]
[DOI:10.3109/03091902.2011.626838](https://doi.org/10.3109/03091902.2011.626838)
- ② Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Masatake Akutagawa, Yohsuke Kinouchi and Shinsuke Konaka, Testing the System Nonlinearity in Snoring Sound via Neural Networks, *Int. Journal of Medical Engineering and Informatics*, Vol. 3, No. 3, pp.299–310,2011. [査読有]
[DOI:10.1504/IJMEI.2011.042875](https://doi.org/10.1504/IJMEI.2011.042875)
- ③ Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Yusuke Aoki, Masatake Akutagawa, Eiji Kondo, Ikuji Kawada, Shinsuke Konaka and Yohsuke Kinouchi : Detecting the snore related sound using neural network based technique, *Proceedings of the IASTED International Conference Signal*

Processing, Pattern Recognition, and Applications (SPPRA 2011), pp.169-172, Austria, Feb. 2011.[査読有]
DOI:10.2316/P.2011.721-105

- ④ 榎本 崇宏, Udantha R. ABEYRATNE, 楠本 哲也, 芥川 正武, 近藤 英司, 川田 育二, 東 貴弘, 小中 信典, 木内 陽介, 雑音耐性に優れたいびきのホルマント周波数解析に基づく閉塞型無呼吸症候群と単純いびき症との識別, 生体医工学, Vol. 48, No.1, pp.115-121, 2010. [査読有]
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmbe/48/1/48_1_115/pdf
- ⑤ Takahiro Emoto, Udantha R. Abeyratne, Masatake Akutagawa, Karunajeewa Samantha Asela, Shinsuke Konaka and Yohsuke Kinouchi : Comparing benign snores with apneic snores based on high frequency analysis, Proceedings of 2009 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Vol.25, No.7, pp.820-823, Munich, Sep. 2009. [査読有]
DOI:10.1007/978-3-642-03885-3_227

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎本 崇宏 (TAKAHIRO EMOTO)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス
研究部・助教
研究者番号：90418989

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：