

# 睡眠時無呼吸症候群の簡易診断システムの構築

## —睡眠時における音環境調査—

### Construction of a simple diagnosis system of sleep apnea syndrome

#### —Acoustical environment investigation at the time of sleep—

数納 聖冴 (コンピュータ科学科)

Shogo Suno

数理音響学研究室

指導教員

中島弘史 准教授

**1. はじめに** 日中の眠気や怠倦感を引き起こす原因の一つとして睡眠時無呼吸症候群 (sleep apnea syndrome 以後 SAS と称す) という病気が存在する. SAS は1時間あたりの無呼吸 (口, 鼻の気流が10秒以上停止) と低呼吸 (10秒以上換気量が50%以上低下) を合わせた無呼吸・低呼吸指数が5以上かつ日中の仮眠などの症候を伴う病気である. 従来から, SAS を診断する方法が存在するが, コストや睡眠状態の制限などのデメリットも存在する. 本研究では, 低コストで睡眠状態の制限がない音を用いた新たな簡易診断システムの構築を試みる.

## 2. 背景, 目的及びアプローチ

**2.1 背景** SAS の診断方法の代表的なものとして, 入院検査とパルスオキシメーターを使用した方法がある. 入院検査では多数のセンサーを装着し睡眠を行う必要がある. パルスオキシメーターは指先などに装着し動脈血の酸素飽和度を簡便に計測する医療機器であり, 測定値により SAS を判定する. それぞれ入院しなければならないことと, 自然な状態で診断できないデメリットを持つため, これを解消すべく低コストかつ非接触で手軽に診断可能なシステムの構築を目指す. 過去にもこのようなシステムの構築を目指した SAS の研究として[1], [2]などが報告されているが, 睡眠時無呼吸症候群の詳細な音環境に関するデータ等は公開されていない. また SAS の簡易検査装置の専用ハードウェア開発に関する報告[3], [4]もあるが, 一般向けに広く利用することを考慮すると, 専用の装置を利用せずに市場に広く普及している機器を用いた方がコスト等の面で有利である.

**2.2 目的** 最近普及が盛んなスマートフォン(以後スマホと称す)の利用したシステムの構築を目的とする. 理由として, スマホに搭載されているマイクロホンや AD 変換器の性能が向上しているため, スマホをハードウェアとして利用するシステムは十分実現できると考えられる. スマホは2012年現在39, 9%の人が使っており[5], 今後も使用率が高くなると考えられるので, スマホで診断できるシステムを開発することは意義のあるものであると考える.

**2.3 アプローチ** 本研究は科研費による研究「睡眠時無呼吸症候群の簡易診断システムの構築」(基盤研究(c):24500213)の助成を受けている四ヵ年計画(表1)の研究の一部として進める. 1年目では(A)睡眠時の呼吸音の収録及び音環境調査と(B)ハードウェア要件の明確化について行う計画となっている. 本研究は(A)について行うものであり, (A)を達成するためのアプローチとして, まず睡眠時環境音の収録を行いその後, 収録音を分析しまとめを行う.

表1 診断システム構築の四ヵ年計画について

1年目	(A)睡眠時における音環境調査 (B)ハードウェア要件の明確化
2年目	収録した音環境を判断するアルゴリズム開発
3年目	精度評価及びパラメータチューニングによる精度向上
4年目	SAS の簡易診断システムを構築

## 3. 睡眠時の呼吸音及び環境音の収録



図1 使用機材

図1(a)~(d)は使用した機材である. 睡眠時の環境音を収録する際, (a)精密騒音計(ONOSOKKI LA-4440)と(b)普通騒音計(RION NA-20)と(c)ICレコーダー(TASCAM DR-05)を使用し, ステレオ収録を行なった. 精密騒音計の収録範囲(以後レベルレンジと称す)は20~90dB, 普通騒音計のレベルレンジは50~70dBとした. 周波数範囲は両者10~20kHz, ICレコーダーの記録周波数範囲は20~20kHzのものを使用. サンプル周波数は44100Hz, 16bit リニア PCM形式(出力はwavファイル)で収録を行なった. また, 騒音計の周波数特性は非可聴の低周波以外はほぼ平坦な周波数特性を持つC特性で収録した. 94dBの音を正確に出すことができる(d)校正器(Brüel & Kjær TYPE4231)を使用し, 絶対レベルを定めた. これにより, 正確な音圧レベルを表示できる. 下記のグラフはすべて校正後の音圧レベルである.

筆者の他, 同年代の男性6人に対し, 各々の自宅にて睡眠時環境音を収録した. 自然な睡眠時環境音を収録するため, 日頃と同じ環境で寝てもらい収録した. また, 精密騒音計はマイクスタンドと延長ケーブルを使い枕元から1mの距離, 普通騒音計は普段睡眠時にスマホを置く枕元で約50cmの位置に置いた.

精密騒音計をL, 普通騒音計をRとしそれをICレコーダーに繋げた. その接続例を図2に示す. 図3は実際に睡眠時に収録した環境例である.



図2 使用機材接続例



図3 睡眠時環境例

**4. データの分析** 収録した睡眠時環境音を分析するためコマンドプロンプト上で動作する表 2 のプログラム群を活用し、レベル波形と周波数特性の分析を行なった。

表 2 プログラム群

プログラム内容
1, 本来のデシベルで波形を表示させるプログラム
2, wav ファイルをフーリエ変換させるプログラム

表 2 の 1 に記した本来のデシベルで波形を表示させるプログラムは、表示させたい wav ファイルを選択することにより、横軸が時間、縦軸が振幅として表示する。また校正器の絶対レベルを用いることで、縦軸の振幅を  $20 \mu\text{Pa}$  を  $0\text{dB}$  とする音圧レベルとして表示できる。

表 2 の 2 に記した wav ファイルをフーリエ変換させるプログラムは、選択した wav ファイルをフーリエ変換することにより、横軸を周波数、縦軸を音圧レベル(dB)としたデータに変換することができる。これにより周波数特性を分析できる。

グラフの表示には MathWorks 社が開発した MATLAB を使用した。MATLAB は音響に関する信号処理やグラフィック表示に長けている言語である。

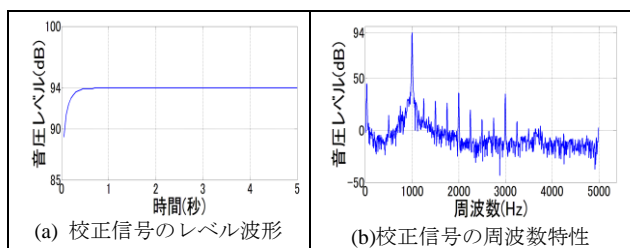


図 4 校正信号の特徴波形

図 4 は上記で記した校正器の特徴を示したグラフである。(a)にはレベル波形を使用し、(b)には周波数特性の絶対レベルを表して、紙面の関係上、同年代男性の一人の精密騒音計のグラフの一部のみを記載する。

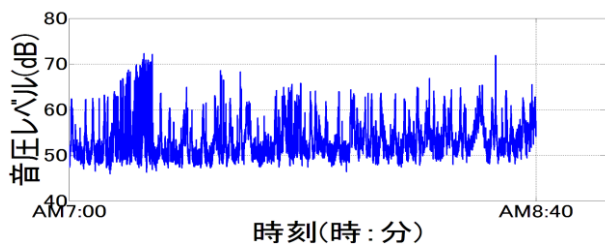


図 5 睡眠時環境音の収録グラフ

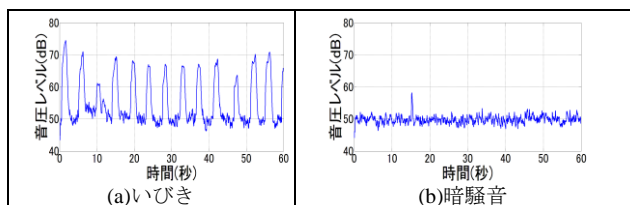


図 6 いびきと暗騒音のレベル波形

図 5 は睡眠時の 1 時間 40 分間の波形である。横軸が時刻(時:分)で縦軸が音圧レベル(dB)となっている。図 6(a)と(b)は図 5 を実際に聞き、いびきのみ部分と暗騒音(いびきや寝返り等の音を含まない部分)のみの部分をそれぞれ 60 秒ピックアップしたものである。横軸が時間(秒)で縦軸が音圧レベル(dB)である。図 6(a)で大きな波が約 12 個あるが、大きな波一つ(約 3 秒)が一回のいびきとなっている。このこと

からいびきの波形の特徴として、「短時間に約 10 から 20dB の差異が見られる」ことが挙げられる。

次にそれぞれの特徴を調べるため表 2 の 2 を使用し周波数特性を調べた。図 7 に図 6(a)のいくつかあるいびきの波形の中から 1 つ(3 秒)をピックアップしフーリエ変換した周波数特性を示す。図 7 の横軸は周波数(Hz)、縦軸は音圧レベル(dB)である。

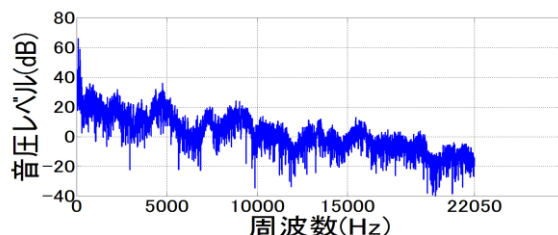


図 7 いびきの周波数特性グラフ

図 6(a)より実際のいびきの音のレベルは約  $50 \sim 70\text{dB}$  であるのに対し図 7 ではおよそ  $1000\text{Hz}$  以上は  $20\text{dB}$  ほどの音しか含まれておらず音のパワーが低周波に集中しているとわかる。図 8(a), (b)はいびき(3 秒)と暗騒音(3 秒)をそれぞれフーリエ変換し  $0 \sim 1000\text{Hz}$  の範囲で表示したものである。

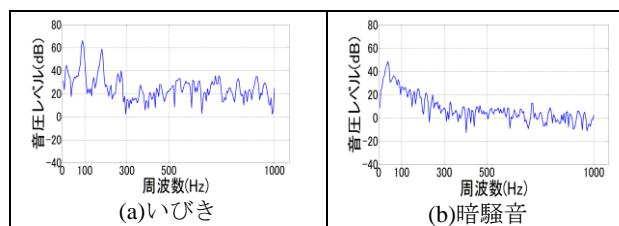


図 8 いびきと暗騒音の周波数特性グラフ

図 8(a), (b)の横軸は周波数、縦軸は音圧レベルである。図 8(a)より約  $100 \sim 500\text{Hz}$  の区間が  $60\text{dB}$  を超えていることがわかり周期的な音の特徴である倍音(整数倍の周波数を持つ音)が存在することがわかる。図 8(b)と比較することにより、いびきはおおよそ  $100 \sim 500\text{Hz}$  が主な成分であることがわかる。また、暗騒音では約  $100 \sim 500\text{Hz}$  地点で  $20 \sim 40\text{dB}$  程度の音が含まれていることがわかる。

**5. 結論及び今後の課題** 睡眠時環境音の収録及び調査を行った結果、睡眠時の平均的な大きさが約  $50 \sim 70\text{dB}$  であることがわかった。またいびきの波形の特徴として、短時間に約  $50 \sim 70\text{dB}$  の差異が見られることがわかった。暗騒音としては多くの環境で約  $50\text{dB}$  程度の大きさであることがわかった。周波数特性ではいびきは  $100 \sim 500\text{Hz}$  の音が含まれていることがわかった。これらにより、収録した睡眠時環境音から寝息やいびきのみをどのように検出するかが今後の課題と考えられる。

## 6. 参考文献

- [1] 榎本崇宏 他 著：いびき音解析による無呼吸の兆候抽出に関する基礎的検討：信学技報 IEICE Technical Report MBE2008-22(2008-07)
- [2] 小野隆彦 他 著：いびき音による睡眠時無呼吸症候群診断に関する基礎的検討：薬理と臨床 13(4)：311～316, 2003
- [3] 加藤恭平 他 著：いびきの周波数解析による閉塞型睡眠時無呼吸症候群の簡易検査装置の開発：平成 22 年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会 講演番号 225
- [4] 松本遼平 他 著：いびきの特徴抽出による閉塞型睡眠時無呼吸症候群の簡易検査装置の開発～環境雑音の影響と軽減方法の検討～：平成 23 年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表 講演番号 103
- [5] impressR&D スマートフォンの利用率  
<http://www.impressrd.jp/news/121120/kwp2013>