

睡眠時無呼吸症候群の簡易診断システムの構築 —ハードウェア要件の明確化—

Construction of a simple diagnosis system of sleep apnea syndrome —Clarification of hardware requirements—

神藤 徳彦 (コンピュータ科学科)

Norihiko Jindo

数理音響学研究室

指導教員

中島弘史准教授

1. はじめに

日本の人口の3%の人が眠っている時に呼吸が止まる「睡眠時無呼吸症候群(SAS)」と言われている。この病気は、睡眠不足だけではなく、糖尿病や高血圧、脳卒中や心臓病など重い病気まで引き起こす原因となることが明らかになっている。従来の「睡眠時無呼吸症候群」の診断方法は、コストがかかり、診断時に自然な姿勢で睡眠をとれないなどのデメリットがある。本研究では、この病気の早期発見のために、音響技術を応用した、睡眠時の呼吸音を検出する方法を検討した。デメリットの無い診断システムの作成のため、必要な基礎データを収集し分析を行った。

2. 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」の助成を受けている4ヶ年計画(表1)の一部である。SASの研究として[1]や[2]などが報告されているが、睡眠時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、ハードウェア要件を明確にしたものではない。本研究では、最終形態としてスマートフォン等を考えている。しかし、スマートフォン内蔵のマイクロホンは、近接音に最適化されており、離れた場所の音を収録できない可能性がある。そこで、4ヶ年計画の1年目として、スマートフォンの内蔵マイクロホン、タブレットPCの内蔵マイクロホン、それぞれの電気的なノイズレベル、入力ゲイン、およびその周波数特性を測定する。

表1 4ヶ年計画

1年目	睡眠時における音環境調査 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の開発
3年目	制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	睡眠時無呼吸症候群の簡易診断システムを構築

3. 実験目的

今回の実験では、携帯録音機器が正確に睡眠時の音を録音できるのか確認することを目的としている。そのため音圧レベル30~70dB、周波数100~10000Hzの音を対象としてSN比や周波数特性を確認する。

4. 実験に使用した機材

実験使用した機材はPC(IBM ThinkPad), iPhone4, Galaxy S II, RegzaPhone(T-01C), Nexus7, 騒音計(リオン NA-20), スピーカー(BOSE 101), AD変換機(M-Audio MobilePre)である。図1(a)~(d)の携帯電話は知名度と流通数を基に選択した。



図1 使用した携帯録音機器

5. 録音実験

5-1. 実験方法

4種類の携帯録音機器の性能を調査し、比較する実験を行った。PC, AD変換器とスピーカーを用いて、6種類のスイープ音を出力した。スイープ音は6種類の振幅(100, 316, 1000, 3160, 10000, 31600, 最大値は32767)で周波数が100Hz~10000Hzである。出力したスイープ音を4種類の携帯録音機器で録音後、解析し、それぞれの性能を比較する。実験は無響室で行い、スピーカーと対象機の距離は1m, 対象機の隣に同条件で騒音計を配置した。図2(a)はスピーカーと対象機、騒音計の配置を示したものである。録音機器の収録ソフトは携帯アプリ「PCM録音」を使用し、サンプリング周波数は48000Hzとした。

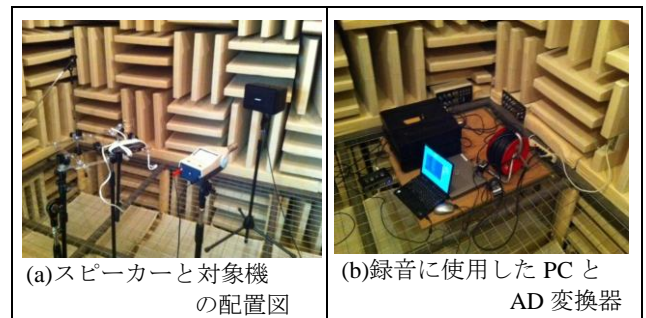


図2 録音時の機器の配置図

5-2. 騒音計

騒音計は出力音圧のリファレンスに使用した。録音を行う際に携帯録音機器の隣に配置し、基準として用いる。レンジ80~100, フィルタをかけず録音するためF特性で録音を行った。図3に校正信号を騒音計で録音した音圧波形(a)とそのレベル波形(b)を示す。図3は縦軸を出力音圧レベル(dB), 横軸を時間としている。校正器の94dBの信号を基準として他の録音結果の解析にも使用する。図3(a)より安定した振幅の信号であることがわかる。図3(b)より音圧レベルが94dBで安定していることがわかる。

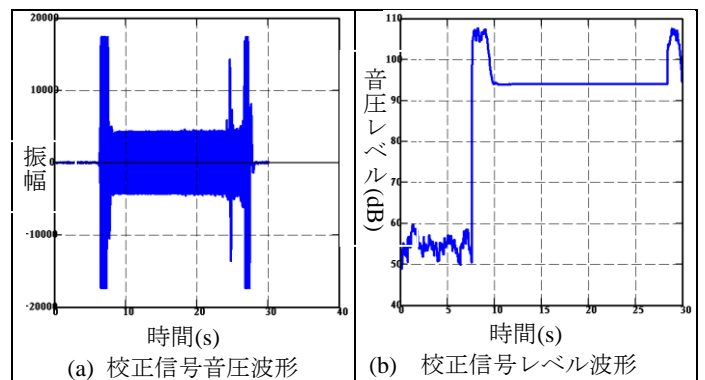


図3 校正信号波形

5-3. iPhone4

図4(a)はiPhone4で録音したデータをレベル波形としてグラフ化したものである。縦軸は音圧レベル(dB)、横軸は時間(s)である。実験は図4(a)音圧波形とレベル波形それぞれの10秒から始まっている。1秒から30秒までの間は校正器を用いて騒音計が正常に作動しているかのチェックを行った。振幅が1段階上がるにつれて音圧レベルが正しく10あがっていることがわかる。

5-4. Galaxy S II

図4(b)はGalaxyS IIで録音したデータをレベル波形としてグラフ化したものであり、軸は図4(a)と同様である。低いレベルの音は正常に録音できているのに対し、振幅31600においては振り切れていることが分かる。

5-5. RegzaPhone T-01C

図4(c)はRegzaPhoneで録音したデータをレベル波形としてグラフ化したものであり、軸は図4(a)と同様である。図4(c)の振幅100では正しいレベルで測定できないことが分かる。振幅10000と31600において音圧レベルが10ずつ変動していないことから振り切れていることが分かる。

5-6. Nexus7

図4(d)はNexus7で録音したデータをレベル波形としてグラフ化したものであり、軸は図4(a)と同様である。図4(d)の、振幅10000と31600の部分で振り切れていることがわかる。しかし、低いレベルの音においては安定して録音できている。

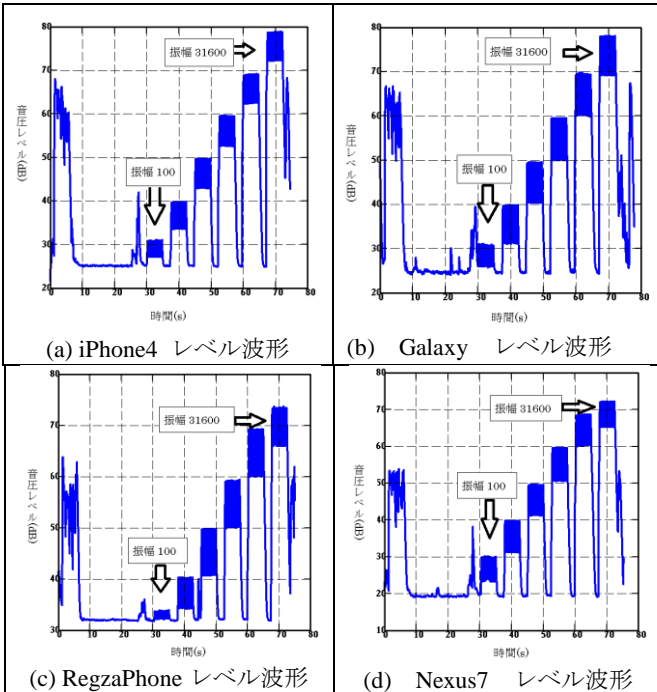


図4 録音データのレベル波形

6. 各波形の比較

表2に各録音機器と騒音計の録音結果をまとめた。振幅100から31600まで6種類録音したが、中心である振幅10000を基準の50とした。入力レベルが1段階上昇するごとに出力レベルは10上昇することが望ましい。しかし、表2から、音のレベルが高い部分、低い部分において録音できる限界が存在することがわかる。iPhone4とGalaxyが低いレベルから高いレベルまで正確に録音できるのに対し、RegzaPhoneとNexus7は高いレベルが他機種に比べ性能面で劣っていることがわかる。

表2 入力音圧と出力レベル(dB)

対象	騒音計	iPhone4	Galaxy	Regza	Nexus7
		出力レベル			
入力レベル					
無音	27	25	26	32(×)	20
100	38	32	32	34(×)	30
316	42	40	40	41	40
1000	50	50	50	50	50
3160	60	60	60	59	60
10000	70	69	70	69(×)	68(×)
31600	80	78	78(×)	73(×)	73(×)

※(×)は正しいレベルで録音できていないもの

7. 周波数特性

図6は携帯録音機器4種と騒音計により録音した音圧波形の周波数特性である。図(b)は騒音計の周波数特性だが、スピーカーの周波数特性が加わった波形になっている。表2を参考に、振り切れていないものの中で最大である振幅31600において周波数特性を出力した。図6の縦軸は音圧レベル、横軸は周波数である。図6(a)と図6(b)を比較すると全体に5000Hzまでは安定して録音できていることがわかる。5000~10000Hzにおいて、iPhone4は比較的騒音計の特性に近い。対して、Galaxyでは6000Hz付近で急激なレベルの低下がみられる。RegzaとNexus7では7000Hz付近の周波数が強調されていることが分かる。録音時に使用する機種により周波数特性の違いが大きいことが分かった。

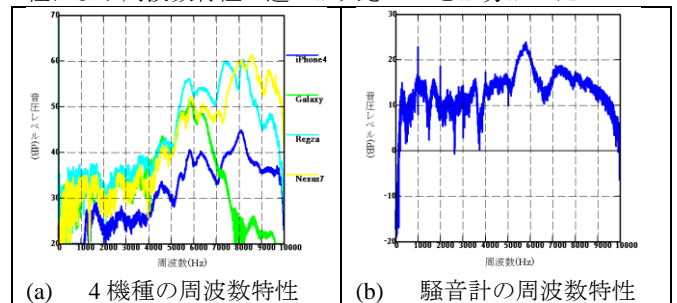


図6 4機種と騒音計の周波数特性

8. 結論及び今後の課題

今回調査を行った4機種は音圧の高い領域、低い領域において性能差が現れた。また、今年度並行して行った研究(睡眠時における音環境調査)によりいびきの大きさの平均が50~70dBであるというデータが得られた。これにより、録音時に使用する機種と録音者のいびきの大きさによっては正確な録音できない可能性があることが分かった。今回調査を行った機種は4種類と少数である。今後の課題としては同様の実験を他機種でも行いサンプル数を増やす事、周波数特性の補正処理の導入、呼吸音検出アルゴリズムの構築が挙げられる。

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検出に関する基礎的検討 信号技報 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平行加太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