

睡眠時の簡易呼吸モニタリングシステムの開発

地方独立行政法人山口県産業技術センター
企業支援部 松本 佳昭

共同出願者

地方独立行政法人山口県産業技術センター 専門研究員 相本英嗣
国立大学法人山口大学 教授 江鍾偉

2021年11月30日

目的

- 睡眠時の無呼吸をセルフスクリーニングできる簡易な方法の開発
- 医療機関に行く前に、利用者自身で睡眠時にどの程度の無呼吸があるのか数値的に把握することで、自分のリスクを正確に知る

睡眠時無呼吸症候群(SAS)

- 定義

無呼吸:呼吸が10[s]以上停止すること

低呼吸:10「s」以上換気量が50%以上低下

睡眠時無呼吸症候群:7時間あたり30回以上、1時間あたり5回以上無呼吸が発生すると無呼吸症候群と診断

無呼吸には「中枢性」と「閉塞性」があるが、上気道(鼻から声帯までの間)のどこかが閉塞して窒息状態になる **閉塞性無呼吸**がほとんど

SAS患者の特徴

- SAS患者は太った男性に多いという印象だが、実は4割のSAS患者のBMIは正常範囲で、しかも半数以上の患者は日中眠気を自覚していない。



ほぼ全員に共通な特徴
“いびき”をかくこと

病院の診断は大変

ポリソムノグラフィは病院に一晩泊まって検査。
面倒で時間がかかる
検査費用がそこそこ高い



簡易スクリーニングする方法が数多く提案

既に提案もしくは製品化されている
簡易呼吸モニタリング手法

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings

導電性繊維を用いたモニタリング

(a) システム概要

(b) モニタリング結果 (94歳男性、睡眠時)

不整脈
 体動による波形の乱れ

地方独立行政法人 山口県産業技術センター
 YAMAGUCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY INSTITUTE

松本、川村、中島、田村：無意識無拘束生理量計測手法を用いた在宅遠隔医療支援システムの開発
 ～無拘束生理量計測装置の開発～、山口県産業技術センター研究報告、No.13, pp.12-18, 2001

10

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings

心音センサを用いた非拘束モニタリング

(a) システム概要

(b) 計測例

地方独立行政法人 山口県産業技術センター
 YAMAGUCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY INSTITUTE

田中、松本、脇本：心音センサを用いた心拍および呼吸の無拘束無侵襲計測：
 日本非破壊検査協会論文誌、Vol.50, No.9, pp.612-619, 2001

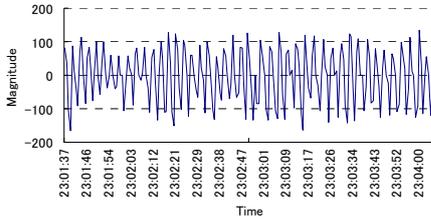
11

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings

動画像処理によるモニタリング



(a)吸気時 ※図中の矢印は動きの方向を示す (b)呼気時



(c)モニタリングした呼吸波形



松本, 中島, 田村ほか: 動画像処理を用いた非接触呼吸・体動モニタリング:
システム制御情報学会論文誌, Vol.14, No.4, pp173-179., 2001

12

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings

既に製品化されている製品

- ベッドマットセンサ、動画像処理、マイクロセンサ方式
→完全非拘束ですが、
閉塞性無呼吸の識別に工夫が必要
- 呼吸センサによる簡易スクリーニング
→医療機器として認証されている
正確なスクリーニングが可能
→やはり検査費がかかる

13

睡眠時無呼吸が気になったら・・・
もっと手軽に試してみる方法はないか？

- ワンコイン(500円くらい)で簡易に試せる
- こっそり試せる
- 手軽といっても無呼吸のスクリーニングは正確にできる方法

発想

センサなどのデバイスを用いなくて
呼吸(空気の流れ)を検知できる方法

- エアフローを音に変換
- うるさくない音
- 周囲の雑音に影響されにくい

サイレントホイッスル

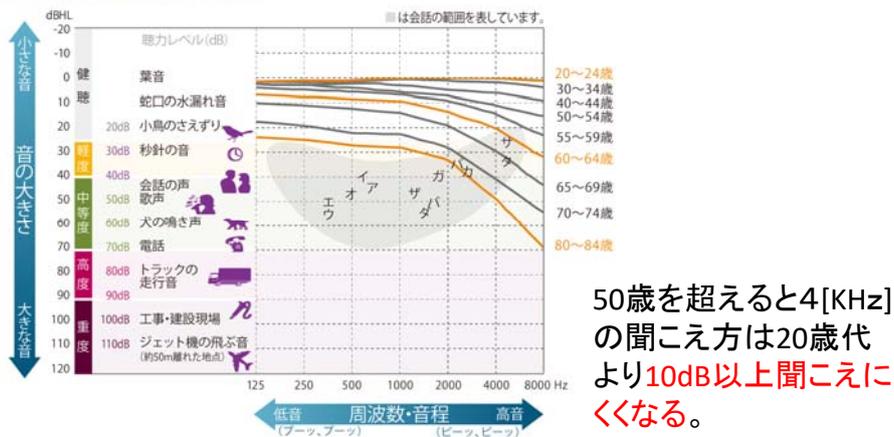
犬笛(いぬぶえ)とは、イヌやネコの訓練などに用いられるホイッスル(笛)の一種。

犬笛が発することのできる音の周波数の範囲は、人の可聴範囲を大きく上回っている。概して、犬笛は16,000Hzから22,000Hzの音を出せるが、人の耳は20,000Hzの音までしか聞き取ることができない。犬笛の中には、発する音の周波数を任意の高さ(音高)に変更できるように、スライド式の調節機構が備わっているものもある。

出典: <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%8A%AC%E7%AC%9B>

(参考) 年齢と可聴域の関係

加齢に伴う聴力の変化



出典: 立本 孝他: 日本人聴力の加齢変化の研究 Audiography Japan 45:241, 241~250(2001)より改編

新技術説明会
New Technology Presentation Meeting

呼気音発生器(実験用プロトタイプ1)

吸入弁 → ← 吸入弁

マスク固定バンド

排気弁 (圧力調整)

サイレントホイッスル

ホイッスルの原理図

ΔL

L

周波数
高 ← → 低

$L+\Delta L$ が小さいほど
流入圧力Pが大きいほど
発生周波数は高くなる

地方独立行政法人
山口県産業技術センター
YAMAGUCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY INSTITUTE

22

新技術説明会
New Technology Presentation Meeting

平型ホイッスルを用いた、 流量と発生音(周波数)との関係

周波数 [kHz]

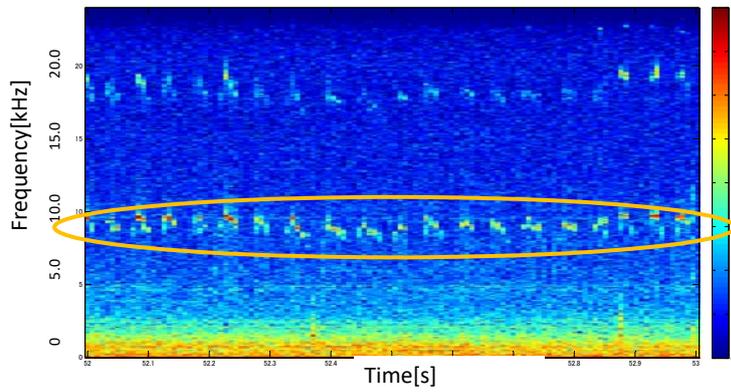
吹き数4.5

→ 流量 [NL/min]

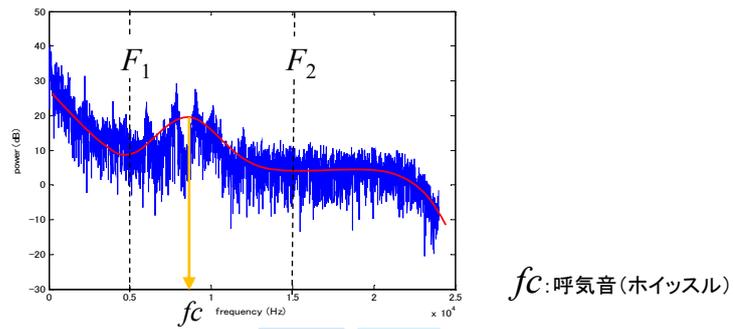
地方独立行政法人
山口県産業技術センター
YAMAGUCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY INSTITUTE

26

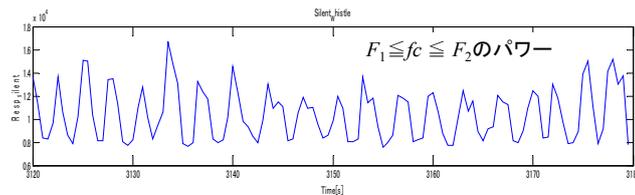
就寝時通常呼吸のスペクトログラム



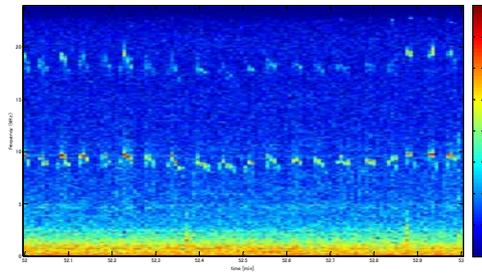
通常呼吸時の周波数スペクトル



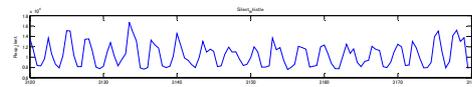
解析結果 (呼吸の推移)



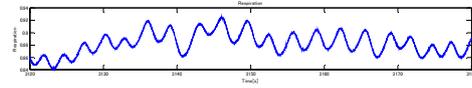
呼気音発生器(1)による呼吸モニタリング実験(通常呼吸時)



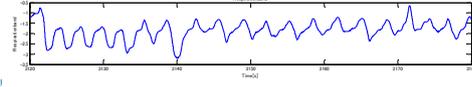
呼気音発生器から得られる信号は呼吸センサの信号と完全に同期している



(a)提案手法(5kHz~10kHz信号のパワー)



(b)サーミスタ型呼吸センサ

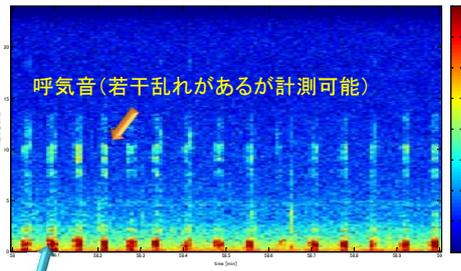
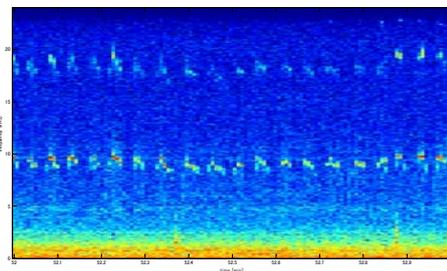


(c)バンド型呼吸センサによる波形

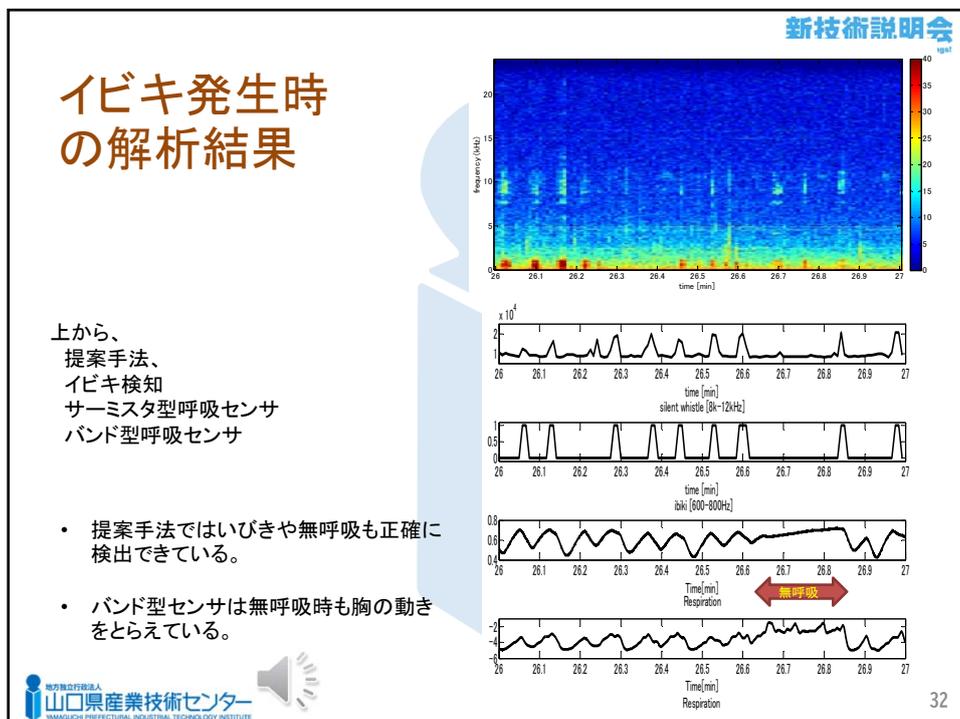
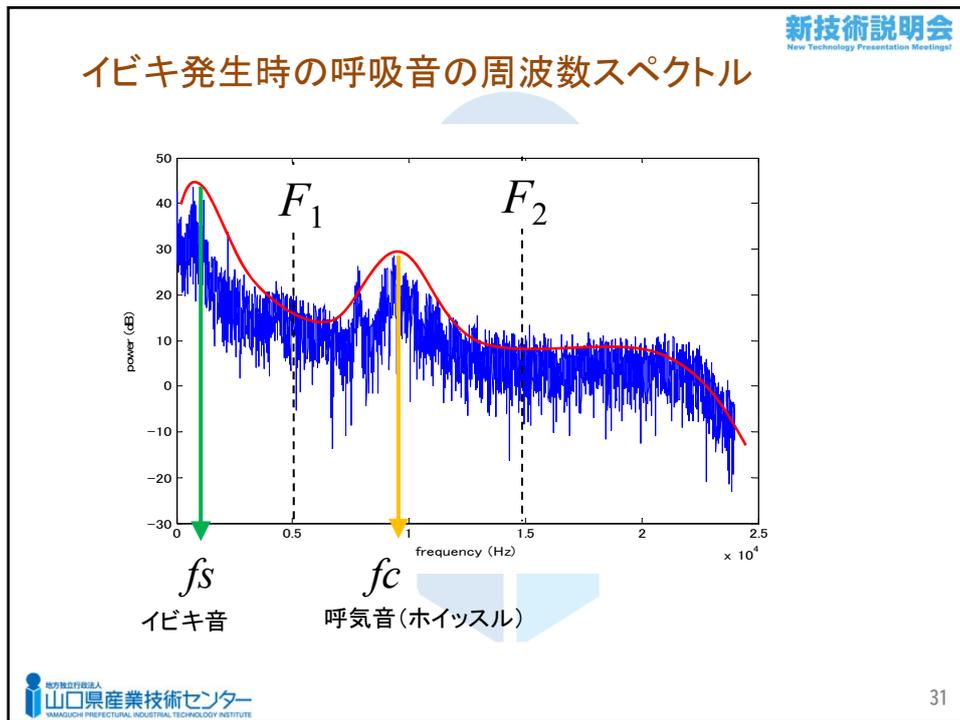
通常呼吸時とイビキ発生時のスペクトログラム

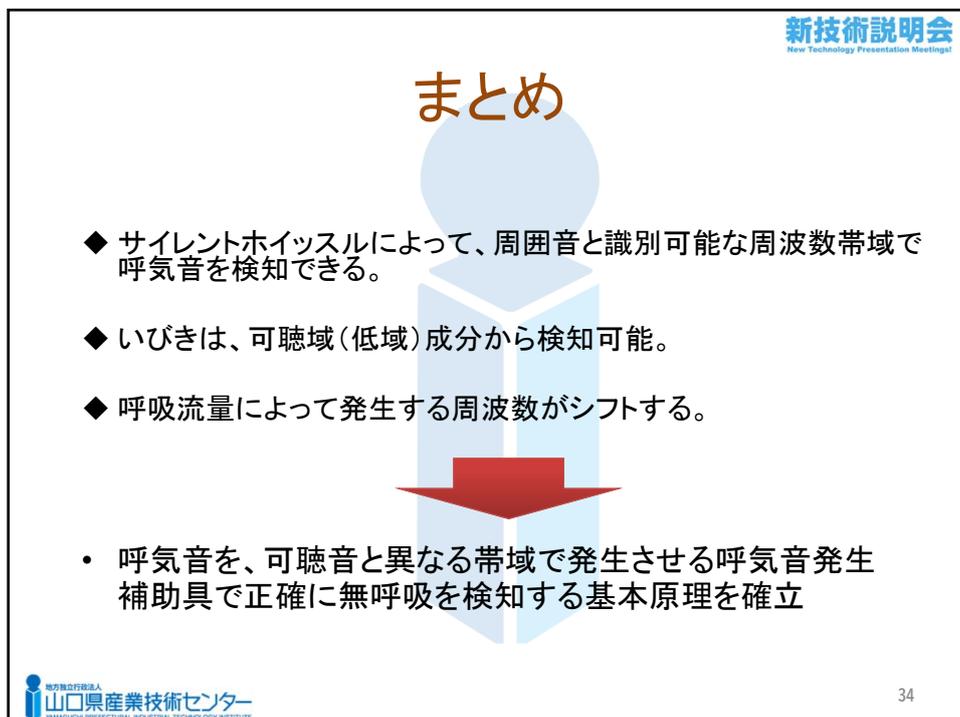
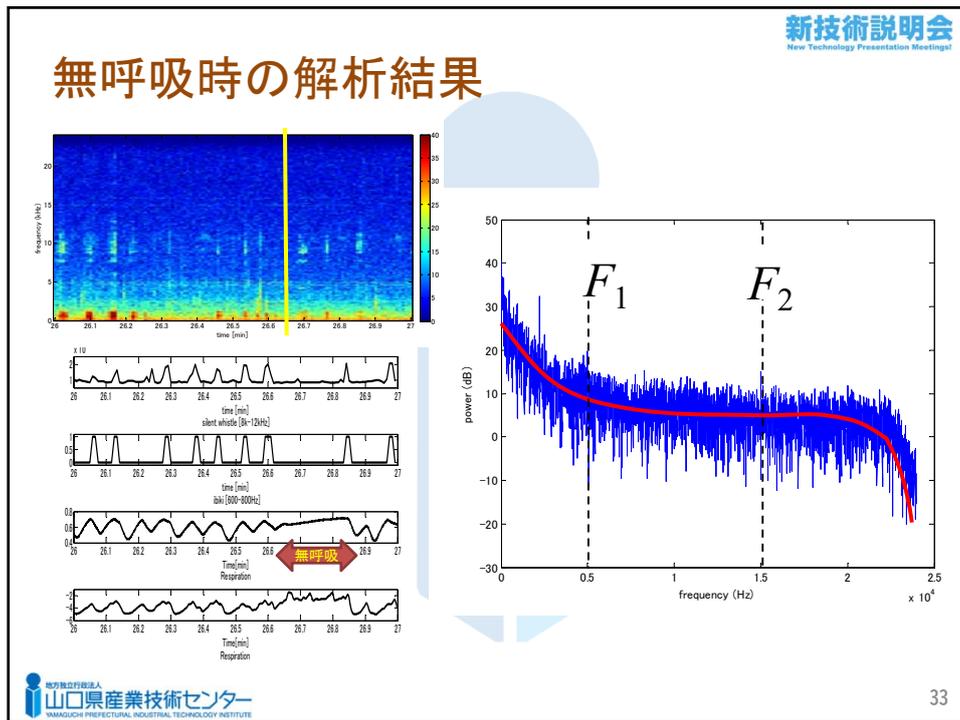
通常時

イビキ発生時



可聴域に周辺ノイズより明らかに大きな音声で特徴的に検知可能





製品化構想

- コンビニやホームセンターで呼気音発生補助具を購入し、専用アプリをダウンロード

実用化に向けた課題・企業様への期待

- 拘束感が無く低コストな呼気音発生補助具の開発
- モニタリングアプリの開発
- ビジネスモデルの検討

本技術に関する知的財産権

発明の名称 : 非拘束無呼吸検知システムとその方法とプログラム
出願番号 : 特許第6112539号 (特願2012-211242)
出願人 : 地方独立行政法人山口県産業技術センター
国立大学法人山口大学
発明者 : 松本佳昭、梶本英嗣、江鍾偉(山口大学)

産学連携の経歴

- 1998年-1999年 中小企業総合事業団 中小企業創造基盤技術研究事業に採択
 - 2001年-2002年 中小企業庁 中小企業技術開発産学官連携促進事業に採択
 - 2002年-2003年 経済産業省 中小企業地域新生コンソーシアム事業に採択
 - 2003年-2005年 総務省消防庁 消防防災科学技術研究推進制度に採択
 - 2005年 経済産業省 サービス産業創出支援事業・事業化基本計画策定事業に採択
 - 2006年 経済産業省 サービス産業創出支援事業・基盤整備事業に採択
 - 2008年-2010年 総務省消防庁 消防防災科学技術研究推進制度に採択
 - 2011年-2012年 総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)に採択
 - 2013年-2015年 経済産業省 戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン)に採択(2テーマ)
 - 2016年-2019年 経済産業省 戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン)に採択
-
- 2012年4月 山口県産業技術センター産学公連携室へ異動
 - 2014年4月 山口県産業技術センターイノベーション推進センター医療関連推進チームへ異動
 - 2018年4月 山口県産業技術センターイノベーション推進センター事業管理責任者 現在に至る

Thank you for your kind attention!

お問い合わせ先

地方独立行政法人山口県産業技術センター 経営企画室

TEL 0836-53-5050

FAX 0836-53-5071

メール : info@iti-yamaguchi.or.jp