HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Analysis of Upper Airway MRIs and Snoring Sounds for Automatic Classification of Obstructive Sleep Apnea Syndrome [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	三上, 剛
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	乙第6931号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57259
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Tsuyoshi_Mikami_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（情報科学）　氏名　三上 剛

学 位 論 文 題 名

Analysis of Upper Airway MRIs and Snoring Sounds for Automatic Classification of Obstructive Sleep Apnea Syndrome

（閉塞型睡眠時無呼吸症候群の自動識別を目的とした上気道 MR 画像といびき音の解析）

近年, 自動車の運転や重機作業の従事者が作業中に傾眠状態に陥り重大な事故につながった事例が数多く報告されており, その多くは睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome; 以下 SAS) が原因の睡眠不足にあることが指摘されている. そのため,SAS は個人疾患ではなく, 社会問題として認識されるべきであり, 早期発見と適切な治療が急務であるが,SAS は自覚することが難しいため, 潜在的な患者は国内で 200 万人に及ぶと推定されている.

現在,SAS の検査方法として最も信頼性が高く, 広く病院で用いられているゴールド・スタンダードな手法は PSG(Polysomnography, 睡眠ポリグラフ) である.PSG は, 脳波, 眼球運動 (EOG), オトガイ筋電, 鼻と口の気流, 心電, 血中酸素飽和度 (SpO2) など 10 種類程度の接触型センサーを装着し, 睡眠中に生じる無呼吸の病態を直接計測する検査方法である.PSG によって獲得された計測データを用いて,SAS の重症度を示す AHI(Apnea/Hypopnea Index, 1 時間あたりの無呼吸または低呼吸の回数) が計算され, 治療のための客観的な指標として用いられる. しかし,PSG は検査入院を要することから患者の負担も大きく, 日差変動もあることから実際より軽症と診断される場合もある. また,PSG は大掛かりな検査であり, 取得したデータの分析にも手間がかかるため,PSG とは異なるアプローチから出来るだけ簡便に SAS を識別できる検査手法に近年注目が集まっている.

一方,SAS の約 8 割以上を占める閉塞型 SAS(Obstructive SAS; 以下,OSAS) に限定した場合, 上気道軟部組織に関して OSAS 特有の特徴が見られる.1 つは物理的に気道の閉塞が生じる上気道軟部組織の肥大であり, これは MR 画像により確認することができる. もう 1 つは, 狭小化した気道に吸気が急速に流入することによって生じる上気道軟部組織の振動 (いびき) であり, 特に開口を伴う大音量のいびきは OSAS 固有の特徴として知られている.OSAS はこれらの特徴が単独または複合的に発現するため多面的な解析が必要と考える. そのため, 本研究では上気道 MR 画像における軟部組織の形態的特徴といびきの音響的特徴に着目し,OSAS を識別するための情報科学的手法を提案する. 論文は以下の構成になっている.

第 1 章は序論であり, 本研究の背景と目的を述べている.SAS の概要および SAS の検査方法の現状と問題点について取り上げ, 上気道 MR 画像といびき音に着目して OSAS を識別する必要性について述べている. また, 関連研究について概説し, 本論文の位置づけを明らかにしている.

第 2 章では,OSAS 患者の上気道 MR 画像について着目した. 矢状面図における舌領域の形態を定量化し重症度 AHI との相関係数を求めた. その結果, 舌の形態的な特徴としては, 舌領域の中心から舌背方向と舌骨方向の長さが AHI と最も相関が高いことが明らかになった. これは, 従来から診断で用いられている定性的な口咽頭視診の指標と,X 線画像を用いた場合 (セファログラム) の評価指標にそれぞれ対応することが分かった. さらに, 横断面図における気道の最狭部断面積を求め, 舌部の特徴量にこの値を加えて重回帰分析を行い重症度 AHI の予測式を求めた. 予測値のしきい値処理

による重度 OSAS の識別能力について検証し, 上気道 MR 画像の矢状面図における舌領域の形態的特徴と横断面図における最狭気道断面積を用いることの有用性について明らかにした.

第 3 章では,OSAS 患者に多く見られる口呼吸に伴ういびきに着目し, 呼吸様式 (口呼吸, 鼻呼吸) に伴う音響特性の相違について検証した. 口呼吸のみの場合と鼻呼吸のみの場合のいびき音を録音するため, 医学生理学研究で従来から採用されている模擬いびき (Simulated Snoring, いびきのかきまね) の方法を用いた. 尚, 実際のいびきと模擬いびきの等価性については従来研究でも検証されており, 完全に等価とは必ずしも言えないが多くの類似性が指摘されている.FFT による振幅スペクトルを用いて検証したところ, 鼻呼吸いびきは口呼吸いびきに比べ基本周波数が高く, 倍音成分が少ない比較的単純な波形であることが確認された. 一方で, 口呼吸いびきにはフォルマント様の密度ピークが 1kHz 付近にみられたが, 鼻呼吸いびきの場合には見られなかった. 以上の音響特性に着目し, 基本周波数と 1kHz 前後の帯域におけるスペクトルの最大値を特徴量として求め,k 最近傍法を用いて口呼吸いびきと鼻呼吸いびきの識別を行った. その結果,90% 近くの識別率を得たが, いびき音の中には基本周波数のピークが存在しない非周期波形も多く, そのようないびき音は正しく識別されないことも判明した.

第 4 章では, 第 3 章で明らかになった非周期波形のいびき音の識別も考慮し, 振幅スペクトル全体の概形を多次元の特徴ベクトルとして定義した. また, 識別器としてサポートベクタマシン (SVM) を用いることにした.SVM のカーネル関数として, パターン識別で標準的に用いられるもの (線形, 多項,Sigmoid,Gauss,Laplace) に加え, スペクトルの類似度として近年その有効性が指摘されているカイ二乗カーネルと Kullback-Leibler(KL) カーネルも導入した. その結果,KL カーネルを用いた場合が最も識別率が高く, 第 3 章で提案した手法と比較して識別率が 5% 近く向上した. また,SVM を用いた結果に関して, データの個人差, 結果の信頼性, 計算時間について考察し, いずれの点においても良好な結果を得ることが出来た.

第 5 章は結論である. 本研究で得られた結果についてまとめ, 今後の課題について述べている.