

音声を用いた睡眠時無呼吸症候群のスクリーニング

宮原寛和^{†1} 高野橋健太^{†1} 亀山研一^{†1} 福島道雄^{†2} 土谷智之^{†2}
 帝人ファーマ株式会社 医療技術研究所^{†1} 在宅医療事業創造部^{†2}

1. はじめに

睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome, SAS) は睡眠中に低呼吸や無呼吸をきたす睡眠障害であり, 日中の眠気により生活の質が低下するだけでなく交通事故の発生リスクや心疾患などのリスクがある. SAS のうち閉塞性睡眠時無呼吸 (Obstructive Sleep Apnea, OSA) の国内潜在患者数は約 300 万人と推定され, 治療対象の患者の大多数が未診断であると言われている. しかし, 睡眠中の呼吸停止を患者本人が認識していない場合があること, 精密検査は 1 泊 2 日の入院が必要であり積極的に受診しづらいことなどから患者が顕在化しておらず, 持続陽圧呼吸 (Continuous Positive Airway Pressure, CPAP) 療法などの必要な治療が提供できていない. そのため, 目覚めているときに簡便な方法で潜在患者をスクリーニングする手法が必要とされている. 特に中等症から重症の OSA 患者は, 心不全などの循環器疾患の合併頻度や予後の死亡率が高いため, スクリーニングの重要度が高いと考えられる[1]. 現在臨床では問診によってスクリーニングしているが, 患者の自覚症状に基づく評価であり, OSA を客観的に評価できる手法が必要と考えられる.

客観的なスクリーニング手法として, 発声時の音響特徴量を用いた報告がある. OSA は肥満による脂肪沈着や顎骨格が小さいことが要因で発症すると知られており, OSA 患者は健常者と比較して舌や軟口蓋が大きく気道が狭い. 発声時の音響特徴量は, このような上気道の状態を推定できる可能性がある. Goldshtein らは, 被験者が座位姿勢で発話した母音や鼻音を含むヘブライ語の単語または文章から, 7 つの音素 (a,i,u,e,o,n,m) と 100 種の音響特徴量を用いて, 患者群と健常者群を識別できることを示した[2]. また, 中村らは, 体位を変えて発音した際の音響特徴量変化と SAS の指標である無呼吸低呼吸指数 (Apnea Hypopnea Index, AHI) の相関関係を示した[3].

しかしながら, 日本人の発話を対象とした識別精度についての報告はなく, 日本語の発話特徴が識別精度にどの程度影響するかは明らかになっていない. また, スクリーニングの重要性が高い中等症 (15

≦AHI<30) から重症 (30≦AHI) の患者の識別精度も検証されていない. そこで, 日本人被験者に対して, 中等症から重症患者である CPAP 治療対象者の識別可能性について検証した. 加えて, OSA 発症は体位による影響を受けるため, 異なる姿勢条件における識別精度についても検証を実施した.

2. 方法

重症度の指標である AHI が 20 以上の場合に CPAP 療法の保険適用となるため, CPAP 療法を実施している被験者は中等症以上の重症度であると考えられる. そのため, 自己申告にて取得した情報に基づいて, CPAP 療法を実施しているか否かの 2 群に被験者を割り付けた (表 1). なお, OSA は高齢で肥満度が高いほど発症しやすいため, 年齢やボディマス指数 (Body Mass Index, BMI) の偏りがないように考慮した. コンデンサーマイクロホン (Sony ECM-77B) とリニア PCM レコーダー (Sony PCM-D10) を用いて, 立位と仰臥位で発音を録音した. 発音内容は先行研究[2]を参考にして, 母音 (a,i,u,e,o) や鼻音 (m) またはそれ以外の子音を含む 17 パターンの単音, 単語または短文とし, 1 人につき 3 回発音するよう指示した. 取得した音声データに対して音素セグメンテーション処理[4]と音響特徴量算出処理[5]を行い, 1 つの姿勢条件について 1683 個の特徴量のデータセットを作成した. 取得した音素と音響特徴量を表 2 に示す. 各姿勢条件の特徴量データセットについて, 勾配ブースティングを用いて CPAP 利用者とは非 CPAP 利用者を分類する識別器を作成し, 精度を算出した. その際, 識別器の特徴量重要度に基づいて再帰的特徴量削減を行い, 可能な限り識別に有用な特徴量だけを採用した.

表 1 被験者情報

	CPAP利用者	非CPAP利用者
人数	103	106
年齢	53.3 (8.5)	52.7 (8.2)
身長[cm]	170.9 (5.1)	170.8 (5.7)
体重[kg]	83.3 (15.3)	82.8 (12.8)
BMI[kg/m ²]	28.5 (4.9)	28.3 (3.6)

※ 平均 (標準偏差)

Screening Method for Sleep Apnea Syndrome using Voice Analysis

^{†1} HIROKAZU MIYAHARA, KENTA TAKANOHASHI, KENICHI KAMEYAMA, TEIJIN PHARMA LIMITED Bio-medical Engineering Laboratories

^{†2} MICHIO FUKUSHIMA, TOMOYUKI TSUCHIYA, TEIJIN PHARMA LIMITED Home Healthcare Business Creation Department

表 2 取得した音素と音響特徴量

種類	内容
音素	a,i,u,e,o k,g,s,sh,t,d,m,r,w
音響特徴量	フォルマント周波数(1~3), インテンシティ, 音素期間, メル周波数ケプストラム係数(MFCC: 1~12)

3. 結果と考察

特徴量を削減した際の最高精度時の結果を表3に示す。立位条件では精度 75.92%, 感度 77.04%, 特異度 74.76%, 仰臥位条件では精度 78.37%, 感度 78.41%, 特異度 78.32%で識別可能であることがわかった。現在臨床ではエスワープ眠気尺度問診票による問診が行われており、識別性能は感度 83%, 特異度 37% (カットオフ AHI: 15) [6]である。本結果によれば、問診よりも感度が 4.59 から 5.96 ポイント低く、特異度が 37.76 から 41.32 ポイント高かった。カットオフ AHI や被験者群が異なるため直接比較はできないが、本手法は問診と比較して同程度以上の識別性能でスクリーニングできることが示唆された。また、先行研究[2]の結果は、感度 79.17%, 特異度 83.33% (カットオフ AHI: 10) であり、日本人の発話特徴を用いた手法で、かつ中等症から重症患者の識別においても同程度のスクリーニングが可能であることが分かった。

一方で、立位と仰臥位の姿勢条件を比較すると、仰臥位の方が高い精度となった。仰臥位は実際の睡眠時無呼吸が生じる姿勢条件であり、OSA 患者の解剖学的な気道閉塞のしやすさが発音の特徴として顕著に表れた結果だと考えられる。

表 3 姿勢条件別の最大識別精度時の結果

	立位	仰臥位
特徴量数[個]	30	29
精度[%]	75.92	78.37
感度[%]	77.04	78.41
特異度[%]	74.76	78.32

4. まとめと今後の検討

本研究では、日本人の発話音声を用いて睡眠時無呼吸症候群の中等症から重症患者をスクリーニング可能か検証した。その結果、現在臨床で用いられている問診よりも同程度以上の識別性能であることが分かり、本手法によるスクリーニングが実現可能であることが分かった。また、異なる姿勢条件についての識別結果を比較すると、立位よりも仰臥位において識別性能が高く、OSA を発症しやすい睡眠中の仰臥位姿勢の特徴が、目覚めているときにも影響を及ぼし、音声特徴に反映されたと考えられた。

本研究の被験者集団は、被験者の自己申告を基準に CPAP 療法を実施しているか否かで群割り付けした。実用化に向けてより正確な検証を行うために、今後は重症度の指標である AHI を計測した上で識別検証を実施する。

謝辞

本研究を推進するにあたり音声工学に関する助言や技術指導をしてくださった千葉工業大学 竹本浩典教授に感謝いたします。

参考文献

- [1] 百村伸一 ほか：循環器領域における睡眠呼吸障害の診断・治療に関するガイドライン”, *Circulation Journal*, Vol.74 (2010).
- [2] Goldshtein, E., Tarasiuk, A., Zigel Y.: Automatic detection of obstructive sleep apnea using speech signals, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.58, No.5, pp.1373-1382(2011).
- [3] 中村光晃, 大宮康宏, 篠原修二ほか：体位に依存した音声特徴量の変化に基づく閉塞性睡眠時無呼吸リスク推測手法の高精度化に関する検討, *生体医工学*, Annual57 巻 Abstract 号, p.S147_1 (2019).
- [4] 大語彙連続音声認識エンジン Julius, 入手先 <<https://julius.osdn.jp>> (参照 2020-12-15).
- [5] Boersma, P., Weenink D.: Praat, 入手先 <<https://www.praat.org>> (参照 2020-12-15).
- [6] 北村拓郎, 宇高毅, 橋田 光一ほか：精度の高い OSAS 一次スクリーニング手法作成に関する検討, *口腔・咽喉科*, Vol.18, No.3, pp.349-356 (2006).