

睡眠時無呼吸症候群 (SAS) を抑制する 簡単なロボットシステムの開発

Development of a simple robot system to suppress sleep apnea syndrome (SAS)

○佐藤和也, 田中将徳 (佐賀大学)

Kazuya Sato and Masanori Tanaka, Saga University

Abstract: Recently, it is widely known that sleep apnea syndrome (SAS) is a serious problem in Japan. It is reported that the traffic accident rate of the SAS patient has approximately much 3 times in comparison with non-SAS patient. To prevent the SAS situation for the mild and moderate patients, a simple and easy to use device should be developed. In this paper, we develop an automatic judgement system of apnea state for a SAS patient and an adaptive control of a robotic arm system which stimulates turning over in bed for SAS patients only using non-contact type sensors.

Key Words: Sleep apnea syndrome(SAS), Simple Suppression Device, Robot Arm, Arduino

1 はじめに

近年, 睡眠時無呼吸症候群 (SAS:sleep apnea syndrome) の疑いがある, もしくは治療中の患者が引き起こした交通事故が社会問題となっている。米国睡眠医学会の提唱する基準⁽²⁾によると, 「無呼吸・低呼吸指数」(apnea hypopnea index: AHI) が5以上かつ日中の過眠などの症状を伴うと SAS であると定義されているが, 一般にはつぎの症状により引き起こされる疾病であることが知られている⁽³⁾。

- 無呼吸: 口, 鼻の気流が10秒以上停止すること。
- 低呼吸: 10秒以上換気量が50%以上低下すること。
- 無呼吸・低呼吸指数: 1時間あたりの無呼吸と低呼吸を合わせたもの

これらの症状の原因としては, Fig. 1 に示すように, 睡眠時などの無意識状態において扁桃や舌根が沈下し, 上気道が閉塞することにより無呼吸状態を発生する「閉塞性睡眠時無呼吸症候群」であることが多い。本疾病が原因とされる事故は多いが, 実際に治療している患者は多くなく, 特に家族などの同居者がいない場合は疾病の発見が遅れるケースが多い。重度の患者の場合は, 睡眠時に一定圧力の酸素が供給されるマスクを装着する CPAP 療法があるが, 装着時の皮膚のかぶれや違和感などの問題がある。また, 軽・中程度の SAS を発症している患者でも他の疾病がない場合は, 積極的に診察・治療につながることも少ないと考えられる。本疾病の特徴は Fig. 1 のように患者が仰向けでの就寝状態において無呼吸状態になることが多いため, 揺り動かすなどの外部からの簡単な刺激により寝返りを打てば, その状態を回避できることが期待される。したがって, より簡便かつ簡易で患者が使用しやすい睡眠時無呼吸状態を回避する装置の開発が検討されている。

これまでに, SAS 患者をサポートする簡易なロボット「じゅくすい君」が発表された⁽⁴⁾。本装置は枕型をしたク

マのぬいぐるみの手が可動式のアームであり, 患者の指に装着した血中酸素濃度を計測するセンサーの値と, ぬいぐるみに内蔵されたマイクの音声データより無呼吸状態を判定し, アームが患者の顔を叩き寝返りを誘発して無呼吸状態を回避させる構成となっている。しかし, 睡眠状態は枕の形状などにもよるために, 本装置が多くの患者に受け入れられるには問題がある。また, 手首に巻き付けるだけでいびきを軽減させる装置も市販されているが⁽⁵⁾, いびき音の回数(3回)のみで寝返りを誘発させるため, 睡眠の質を低減させる可能性や, 手首への巻忘れなどが考えられる。

本稿では SAS 予防装置としてロボットアーム型のシステムを開発した。本システムは, 睡眠中に患者が無呼吸状態になったと判定された場合, 枕元に置かれたロボットアームが動作して患者の身体の一部に接触し, 寝返りを誘発する構成となっている。本装置は枕元に置くことが多いナイトスタンド型の装置であるために, 患者の睡眠状態に影響を及ぼさないこと, 無呼吸状態になる前に大きいいびき音が続き, その後10秒以上無呼吸が続いた場合に無呼吸状態と判定することなど, 従来の装置にはない特徴を有している。また, これまでに著者らが開発した装置に比べ⁽⁷⁾, ロボットアームとそれに付随した小規模な装置以外に設置する機器が少なくなっていることも特徴である。

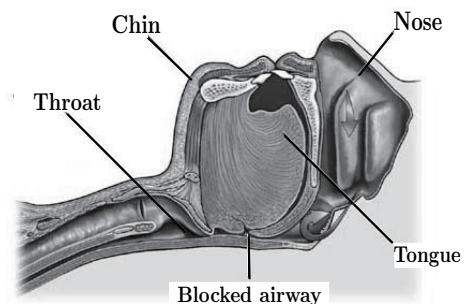


Fig.1 SAS situation

2 システムと装置の概要

Fig. 1 に示したとおり、無呼吸状態は仰向け状態で発生することが多く、低呼吸時に大きないびき音が生じ、無呼吸状態に陥る直前にいびき音がピークをむかえた後、呼吸が止まるという現象が起きる。よって、無呼吸状態の際に患者の寝返りをうながすことで、仰向け以外の状態となって気道を確保し、呼吸の再開が期待される。本稿では、睡眠時に患者が無呼吸状態である判定された場合、ロボットアームの先端が患者に接触し、寝返りを誘発することで気道を確保するシステムを開発した。無呼吸状態の判定とロボットアーム駆動の判定は Fig. 2 に示したチャートにより判定した。システムの起動と同時にマイクでいびき音を計測し、いびき音の振幅が規定値を越えるかどうかの判定を行う。いびき音がしきい値を越えた後、音の停止が 10 秒以上続くと無呼吸であると判断しロボットアームが動作する。

開発したロボットアームの概要と動作状況を Fig. 3 に示す。本患者の寝る場所はほぼ変わらず、一定の寝相で就寝することより、ロボットアームと患者の顔の位置の関係はほぼ変化がないと考えて良い。よって、これまでに開発した外部装置による患者の顔位置の計測⁽⁷⁾ではなく、USBカメラによる顔の位置の認識により、ロボットアームの根本の回転角変更により接触場所が変更できる構成とした。

いびき音の計測、Fig. 2 による判定、ロボットアームの駆

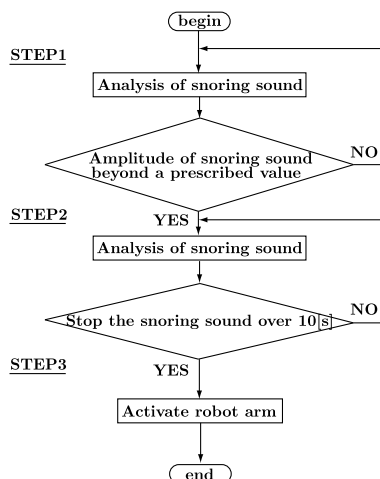


Fig.2 Flowchart of proposed system



Fig.3 SAS prevent equipments

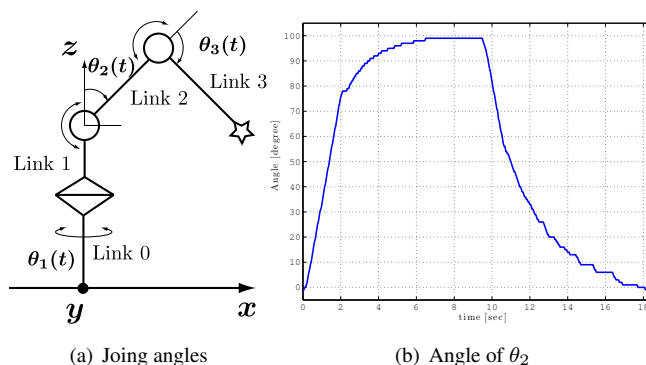


Fig.4 Joining angles and experimental result

動はマイコン (Arduino) を使い、USBカメラによる顔位置の認識も BeagleBone™ を用いるため、システム構成と設置は非常に簡便となる。Fig. 4(a) に示すとおり、ロボットアームは3つの関節から構成され、 $\theta_1(t)$ は USBカメラによる情報により操作され、 $\theta_2(t)$ と $\theta_3(t)$ は Fig. 2 に基づき動作する。また、アームの長さの変更などに対応するため、関節角 $\theta_2(t)$ の制御には適応制御法⁽⁶⁾ が用いられている。

3 おわりに

睡眠時無呼吸状態を予防する簡便なロボットシステムを開発した。Arduino によるいびき音の解析とロボット動作、USBカメラによる BeagleBone™ を用いた顔位置認識により、従来装置に比べ外部装置を必要としない簡易な装置の開発を行った。動作実験により開発したロボットシステムがいびき音の変化に基づき動作することを確認した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費挑戦的萌芽研究 25560239 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 睡眠時無呼吸症候群サイト, <http://www.sleep.or.jp>
- 2) American Academy of Sleep Medicine, <http://www.aasmnet.org>
- 3) 睡眠時無呼吸症候群, <http://ja.wikipedia.org/wiki/睡眠時無呼吸症候群>
- 4) じゅくすい君, <http://youtu.be/J1pnrWoWH4s>
- 5) ROOMMATE グッバイいびき君, <http://www.e-balan.com/company/>
- 6) K. Sato and K. Tsuruta: Adaptive \mathcal{H}^∞ control method with frictions compensation and disturbance rejection for robotic manipulators, Procs of the IEEE International Conference on Control Applications, pp. 1031–1036, 2006
- 7) 小牟禮, 佐藤, 中山: 睡眠時無呼吸症候群 (SAS) を予防するロボットシステムの開発, 第 31 回計測自動制御学会九州支部学術講演会資料, pp. 221–222, 2012