

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：32666

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K15280

研究課題名(和文) 新型高洗浄環境技術<CUSP>を用いた高齢者睡眠障害に関する研究

研究課題名(英文) Application of Clean Unit System Platform (CUSP) for sleep diagnostics in elderly

研究代表者

安武 正弘 (Yasutake, Masahiro)

日本医科大学・大学院医学研究科・大学院教授

研究者番号：70281433

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：新型高洗浄環境技術(CUSP)は病院における無塵室相当の空気清浄度を手軽に達成できる。この技術を睡眠中に適応すると、クリーンな睡眠環境を提供するだけでなく、体動による僅かな塵埃微粒子の変動を生体情報として捉えることができる。これをkinetosomnogram(KSG)とし、睡眠情報検知への応用を検討した。

被検者に睡眠診断装置(PSG)を装着してテント状CUSP内で就寝させ、PSGとKSGとを対比した。KSGにより脳波上の覚醒反応を予測できることが示唆され、レム睡眠周期の予想も可能であった。KSGは非侵襲・非接触に睡眠状態の評価を可能とし、高齢者の睡眠障害評価への応用が期待された。

研究成果の概要(英文)：We recently proposed a novel Clean Unit System Platform (CUSP) to establish a dust-/microbe-free environment for various purposes. Tent-type CUSP enables us to detect fluctuation of air-borne particles as bio-kinetic signals reflecting body movements during sleep, which we designated as "kinetosomnogram" (KSG).

We validated air-cleansing capacity of the tent CUSP and recorded changes in particle counts in response to various body movements. A volunteer with a polysomnography (PSG) equipment stayed in the tent CUSP overnight to record a KSG. The KSG was compared with PSG parameters. Each surge in the KSG appeared to have a corresponding arousal response (stage W) in the PSG. Moreover, there was a significant peak of power spectral density at 80-100 minutes suggestive of REM periods. The tent CUSP provides us with ultraclean environment for sleep and may be of help to assess sleep quality in a non-invasive and non-contact manner.

研究分野：総合医療・健康科学

キーワード：睡眠診断 クリーン環境 生体情報 非侵襲 非接触 kinetosomnogram

1. 研究開始当初の背景

北海道大学電子科学研究所、石橋晃教授が考案した新型高潔浄環境技術<CUSP: Clean Unit System Platform>(図1)は従来のクリーンルーム技術に比べ、10分の1価格で、10倍以上の性能を実現する画期的な技術である。半導体製造や医療現場のクリーンルームだけでなく、微小粒子状物質(PM2.5)問題や免疫力の低い高齢者や乳幼児等の環境弱者に配慮し、超高齢化社会に対応した健康・福祉医療産業への展開も視野に開発された。

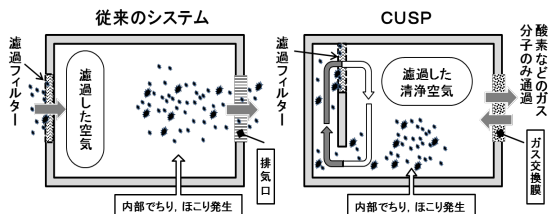


図1

CUSP を用いると、PM2.5 はもとより、細菌を含めた粒径 0.5 μm 以上の粒子の総数を 1 立方フィートあたり 100 個以下(病院における無塵室相当)に抑える環境を実現することができる。部屋全体を洗浄する部屋型システムだけでなく、テント型の CUSP(図2)があり、クリーン環境を蚊帳のような感覚で、一般家庭にも実現する。

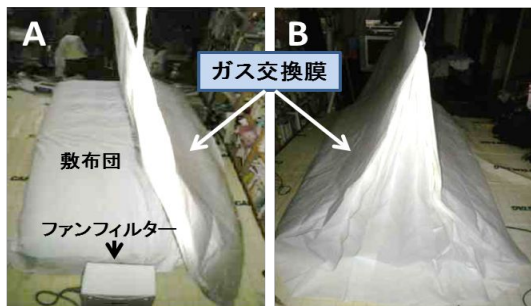


図2

このテント型 CUSP による高潔浄度環境下では、残留する塵埃微粒子によるバックグラウンドノイズが大幅に抑えられるため、僅かな塵埃微粒子密度の変化を明確に抽出することができる。我々は、このシステムを睡眠中に用いることで、睡眠中の体動により変動する塵埃微粒子濃度を生体情報としてとらえることができると考えた。即ち、この睡眠中の塵埃微粒子濃度の変動は、睡眠の深さと関連する可能性があり、この塵埃変動情報を「kinetosomnogram (KSG)」として睡眠状態のパラメータとして利用することを考案するに至った。(特許第 5877459 号)

2. 研究の目的

高齢者の睡眠障害には、うつ病、睡眠時無呼吸症候群、レム睡眠行動障害、概日リズム睡眠障害、むずむず脚症候群、周期性四肢運動障害、など様々な原因がある。睡眠障害を正確に診断するには、入院して終夜睡眠ポリグ

ラフ (PSG) 検査と行わねばならない。口・鼻の気流、血中酸素飽和度 (SpO₂)、胸部・腹部の換気運動、筋電図、眼電図、脳波、心電図、いびき音、睡眠時の姿勢などを同時に評価する大掛かりな検査で、被験者に電極など種々のセンサーを装着せねばならない。そこで、我々は(1)テント型 CUSP により得られる塵埃微粒子濃度の変動と、種々の体動との関係を検証し、(2) KSG の睡眠情報検知への応用を検討した。

3. 研究の方法

- (1) テント型 CUSP の作成と性能の検証: 図2に示す如く、Aは布団を覆う前、Bは稼働時の状態。塵埃除去用のファンフィルター、ダストカウンター、データ保存用のPCを設置し、被検者に種々の体動をさせて塵埃微粒子濃度を記録し粉塵微粒子除去能力や体動信号の検出能力を検証した。
- (2) PSG と KSG との比較検討: PSG を装着した被験者をテント型 CUSP 内で就眠させ、KSG を記録し、PSG の種々の睡眠パラメータと KSG とを対比した。KSG の周波数解析には MemCalc 時系列データ解析プログラム (G.M.S.、東京) を用いた。

4. 研究成果

- (1) 図3に示す如く、ダストカウンターは頭側と足側の2か所に設置し、手・脚の上下、寝返りを5分毎に繰り返した。

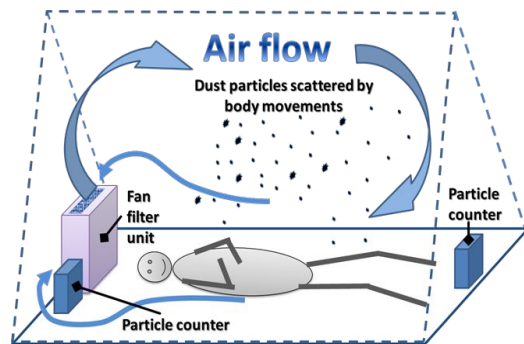


図3

テント内粉塵微粒子密度は CUSP 始動により約5分で5~15万/cfから0~300/cfまで浄化され、寝返りで3000~6000/cf、上肢・下肢の屈伸で1000~2000/cfの一過性ピークを示した(図4)。体動と塵埃微粒子の変動に

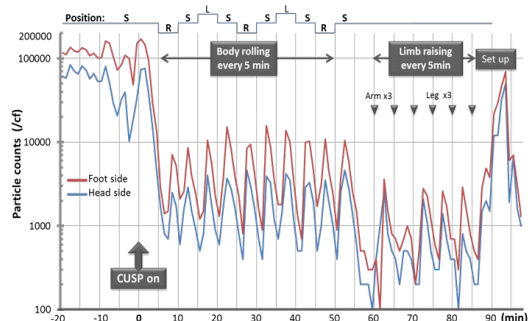


図4

は約 30 秒の時間差があり、頭側よりも足側のほうが若干大きな変動であった。

(2) 健常者を対象に PSG と KSG の同時記録を繰り返し行った。図 5 に KSG と PSG による睡眠ステージとの対比の例を示す。(赤

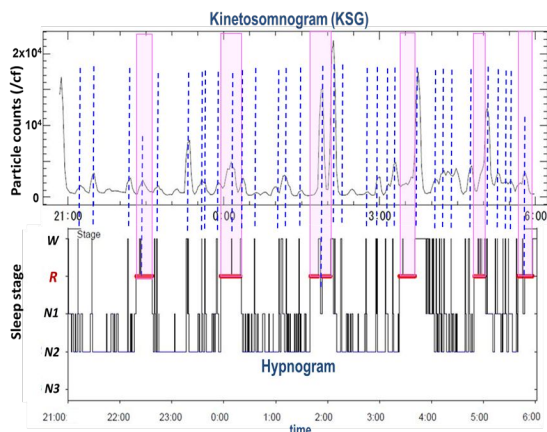


図5

は REM 期、青の破線は KSG のピークを示す)

脳波により判定された覚醒反応 (W) と KSG のピークは 90% 以上で一致した。

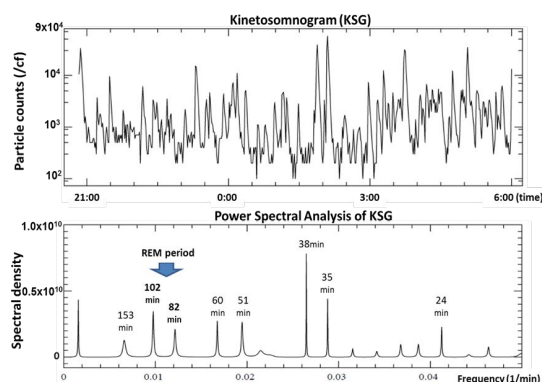


図6

スペクトル解析では 80 ~ 100 分のレム睡眠周期近傍に有意なパワースペクトルピークを認めた。(他のスペクトルピークの臨床的意義づけは、今後の検討課題)

考察

テント状 CUSP により得られる KSG を用いた睡眠時塵埃数分析は、非侵襲・非接触に睡眠中の覚醒反応の検知を可能にし、睡眠状態に関するレム睡眠周期などの情報を検知・評価するのに有用であることが示唆された。今後は、睡眠障害を有する高齢者を対象に同様なデータを組み重ねることで睡眠診断への応用が可能であると考えられた。

現在、すでに応用されている他の非侵襲的な睡眠計 (モダリティ) との比較を行っている。加速度計を利用する方法 (Fitbit charge HR: FB405), 睡眠シートの圧センサーを利用する方法 (タニタ、スリープスキャン: SL-504), 磁場の変化を利用する方法 (オム

ロン、スリープデザイン: HSL101) など。今後は、睡眠薬の影響などについても解析を進めていく予定である。

また、CUSP は睡眠診断のみならず、呼吸器疾患や感染症予防などにも応用できる可能性がある。引き続き CUSP の医療現場への応用を検討していきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

A. Ishibashi, M. Yasutake, Clean Unit System Platform (CUSP) for medical /hygienic applications、International Journal of Engineering Research & Science、査読有、2 巻、2016、92-97
DOI: ISSN 2395-6992

A. Ishibashi, M. Yasutake, N. Noguchi, T. Etoh, J. Matsuda, K. Nakaya, T. Osawa, Y. Sato, N. Ohata, Md. D. Rahaman, J. Alda, Y. Ohashi, Clean Unit System Platform (CUSP) for various frontier experiments and applications、International Journal of Engineering and Technical Research、査読有、6 巻、2016、31-35
DOI: ISSN: 2321-0869

[学会発表](計 2 件)

M. Yasutake, A. Ishibashi, Application of Clean Unit System Platform (CUSP) for sleep diagnostics: evaluation of sleep quality by monitoring air-borne particles in an ultraclean space、23rd Congress of European Sleep Research Society、2016 年 9 月 15 日、Bologna、Italy

安武正弘、石橋晃、Clean Unit System Platform (CUSP)を用いた清浄環境下塵埃微粒子モニタリングによる睡眠情報検知の試み、日本睡眠学会第 41 回定期学術集会、2016 年 7 月 8 日、新宿、東京

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 1 件)

名称: System and method using information of involuntary body movement during sleep, and sleeping state detection system and method

発明者: Ishibashi Akira、Yasutake Masahiro

権利者: 同上

種類: 特許

番号：US15/032、749
出願年月日：平成 28 年 4 月 28 日
国内外の別：国外

取得状況（計 1 件）

名称：睡眠時無意識体動情報活用システム及び方法並びに就寝状況検知システム及び方法

発明者：石橋晃、安武正弘

権利者：同上

種類：特許

番号：特許第 5877459 号

取得年月日：平成 28 年 2 月 5 日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安武 正弘 (YASUTAKE Masahiro)
日本医科大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号：70281433

(2) 連携研究者

石橋 晃 (ISHIBASHI Akira)
北海道大学・電子科学研究所・教授
研究者番号：30360944

小原 俊彦 (OHARA Toshihiko)
日本医科大学・医学部・講師
研究者番号：90267146

(3) 研究協力者

兵働 英也 (HYOUDOU Hideya)
日本医科大学・医学部・助教
研究者番号：20307937

松村 典昭 (MATSUMURA Noriaki)
日本医科大学・医学部・助教
研究者番号：40328836

小野寺 直子 (ONODERA Naoko)
日本医科大学・医学部・助教
研究者番号：20366751

田中 啓広 (TANAKA Akihiro)

若栗 大朗 (WAKAKURI Hiroaki)

須崎 真 (SUZAKI Makoto)
日本医科大学・医学部・助教
研究者番号：50714747

三枝 太郎 (SAIGUSA Taro)
日本医科大学・医学部・助教
研究者番号：70740520