

寝床内温度制御が睡眠の質に及ぼす影響

Effect of temperature control in bedding for Good Sleep on Quality of Sleep

藤原 義久^{*1}、岡田 志麻^{*1}、蚊野 浩^{*1}、安田 昌司^{*1}、牧川 方昭^{*2}、飯田 健夫^{*3}
Yoshihisa FUJIWARA, Shima OKADA, Hiroshi KANO, Masashi YASUDA, Masaaki MAKIKAWA, Takeo IIDA

睡眠には一日の約1/3の時間が費やされており、健康のために必要不可欠である。しかし、我が国における一般住民を対象とした疫学調査では、約23%の人が睡眠での休息が不十分と答えており、質の良い眠りを支援する装置や器具へのニーズが高まっている。本稿では、温熱生理や睡眠生理の見地から、睡眠時における身体に優しい温熱環境作りに着目した快眠家電「快眠プログラム搭載電気毛布」の開発について報告する。本機器について被験者実験を行ったところ、冬季における睡眠の質の向上が確認できた。

People spend on average one-third of each day for sleep, so sleep is essential for maintaining a healthy physical condition. However, the results of epidemiological research covering the general population in Japan indicate that about 23% of people do not feel they get enough rest from sleep, which gives rise to the demand for equipment and devices to help improve the quality of sleep. In this report, we introduce the technology we have developed from the perspective of thermal physiology and sleep biology. Focusing attention on the creation of a thermal environment comfortable for human bodies during sleep, we have developed the "Electric Blanket with Good Sleep Program." The results of experiments of this products involving examinees indicate that they are effective getting a good sleep in winter.

1. はじめに

睡眠には一日の約1/3の時間が費やされており、健康に必要不可欠である。しかし、日本社会が高齢社会やストレス社会へと移行するのに伴って、我が国における一般住民を対象とした疫学調査では、国民の約23%の人が睡眠での休息が不十分と答えており、質の良い眠りを支援する装置や器具へのニーズが高まっている¹⁾、睡眠に関する悩みを抱える人は増加しており、2000年には約1000万人以上、また、睡眠時無呼吸症候群の患者については約200万人以上存在すると言われている。このような睡眠関連機器の市場はエレクトロニクス化が極めて遅れている分野であるが、その潜在的なニーズは大きい。この背景から、我々は快適な睡眠を支援する「快眠家電」の開発に取り組んでいる²⁾。

睡眠に影響を及ぼす要素は数多く存在し、それらが複雑に作用しあって睡眠環境、つまり、寝室環境および寝床内環境を形成している。中でも温熱、光、音は睡眠に影響を及ぼす三大環境要因といわれてい

る。これまでの研究結果から、これらの要因の中でも特に、温熱環境条件は睡眠に及ぼす影響が大きく、睡眠の質的レベルに大きくかかわっていることが明らかになっている^{3) 4)}。一般に覚醒時に比べて睡眠中は体温調節機能が著しく低下しており⁵⁾、寝床内の温熱条件の影響を受けやすい。以上から、快眠のためには身体に優しい温熱環境作りが重要である、我々は、快眠のための温熱環境作りとして、特に寝床内の温熱環境に着目した「快眠プログラム搭載電気毛布」の開発を行った。本稿では、その効果に関する基礎検討を行ったので報告する。

2. 快眠プログラムの概念

近年、快適な睡眠に対しての関心が強まり、寝床内の気候条件に配慮した寝具の開発も始まっているが、その多くは寝具の素材や形状の選択にとどまり、この気候条件に積極的に働きかける製品はほとんどない。睡眠中は常に体動や生理変化が起こっており、終夜を通して常に体動や生理変化に応じて寝床内温

*1 三洋電機株式会社 ヒューマンエコロジー研究所 Human Ecology Research Center, SANYO Electric Co., Ltd.

*2 立命館大学理工学部 College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

*3 立命館大学情報理工学部 College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

度を調節することができれば、さらに快適な睡眠が得られると考える。寝床内温度を調整する機器としては、一般に電気毛布が広く利用されている。電気毛布は入眠の促進には有効な手段ではあるが⁶⁾、利用者が入眠時における好みの設定温度で、終夜にわたり就寝すると、就寝中の寝床内温度としては高い場合が多く、結果的に体温調節機構を狂わせ、体調を崩してしまう例も少なくない。この観点から、電気毛布における、入眠から就寝、起床までの温熱制御方式の検討が望まれていた。

本稿で評価を行った温熱制御方式の詳細を以下に述べる。本制御方式では、睡眠のフェーズを入眠期、睡眠期、覚醒期の3つに分け、それぞれのフェーズの生理機能を考慮し、電気毛布の設定温度を変化させた(図1)。

入眠期では、寝床内温度が低いと入眠潜時へ影響をもたらし、特に冬季では遅延する傾向があると報告されている⁷⁾、これは末梢血管が寒冷刺激に対し

て収縮し、熱放散を妨げることが原因の一つと考えられている⁸⁾、このことから、入眠期においては、寝床内を比較的高い温度で保温して末梢の皮膚温の上昇をサポートすることが必要となる。そこで、入眠期では寝床内温度を32~34℃に設定した。この設定温度は、被験者の入床前から入床後30分までとする。

その後、睡眠期に入ると、生体は体温や心拍数を下げ、体の休息としての役割を果たす。このため、入眠期のような高い温度で寝床内を保温することは、睡眠の阻害へつなぐと考えた。そこで、睡眠期では寝床内を快適な温度域とも言われる30~32℃程度⁹⁾になるよう温度設定をおこなった。

最後に、覚醒期では、睡眠時と比較すると体温が高いことが知られている。このことから、覚醒状態に入る準備として、起床の30分前から寝床内の温度を上昇させることで体温の上昇をサポートした。設定温度は32~34℃である。

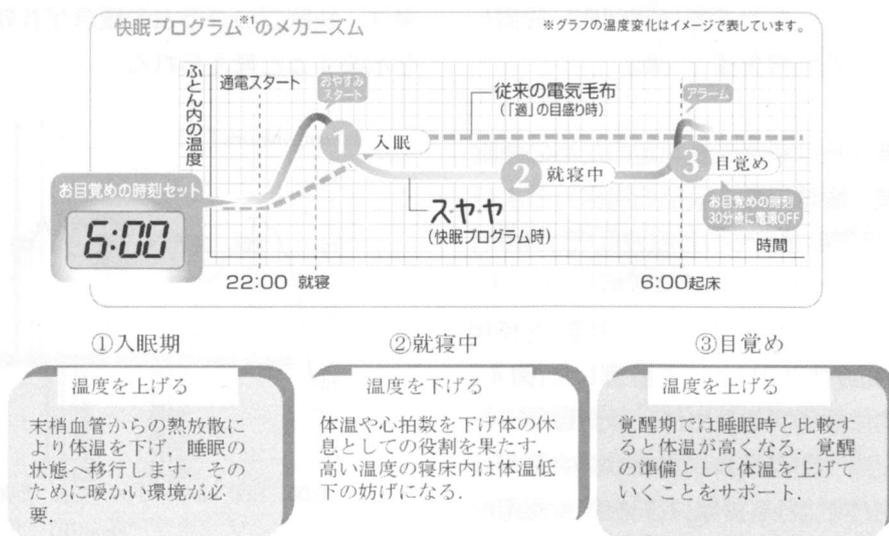


図1 快眠プログラムの概念

3. 快眠プログラムの評価実験の概要

3.1 実験条件

快眠プログラムの効果を確認する基礎実験は、心身ともに健康で、実験の主旨をよく理解した上で実験参加の同意を得た成人男性5名(22.6±0.6歳)を対象とし、立命館大学スポーツ健康産業研究センターにて1月中旬~3月中旬に行った(図2)、3夜で1セットとし、第1夜効果(first night effect)を考慮して、1夜目のデータは除外した。2夜目以

降は①通常の電気毛布を使用(以下、Condition 1)、②快眠プログラム搭載の電気毛布を使用(以下、Condition 2)の2条件の実験を行った。実験の順序は順序効果を考慮した。

全日共に就寝時刻を午前0時、就寝時間は7時間程度とした。実験室にはビデオカメラを設置し、就寝中の被験者の様子は常に観測者によってモニターできる状態になっており、実験中、何らかの不具合が生じた場合に備えてベッドサイドには呼び出しブ

ザーを設置し、観測者を呼び出せるようにした。なお、被験者が就寝する実験室は特別な防音、恒温システムはないが、騒音や外気温の変動に関しては、充分配慮した上で実験を実施した。



図2 実験風景(立命館大学スポーツ健康産業研究センター)

3.2 計測項目

(1) 寝床内温度

寝床内温度を評価する為の計測用として温度記憶計(SK-L200TH、佐藤計量器製作所)を使用した(図3)、温度記憶計は、掛け布団に設置し、設置場所は被験者の胸部、腹部、足部1、足部2、足部3の5点とした。なお、温度計を掛け布団側に設置したため、外気温による影響を補正した。

(2) 睡眠の質

就寝する被験者からは睡眠深度判定のための睡眠ポリグラフ(脳波、眼球運動、顎部筋電図)および心電図、胸郭の呼吸運動を、デジタル脳波計(SYNAFIT 5100、NEC社製)と多用途生体情報解析プログラム(BIMUTAS II-R、キッセイコムテック社製)を使用し、サンプリング周波数250Hzにて計測した(図4)、睡眠の質を客観的に評価するために、計測したデータは睡眠解析研究用プログラム(SleepSignR Ver. 2.0、キッセイコムテック社製)を使用してRechtschaffen & Kalesの睡眠判定に従って評価した。



図3 皮膚温計測用温度データロガー

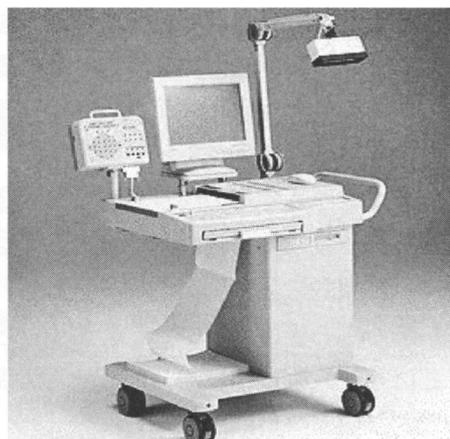
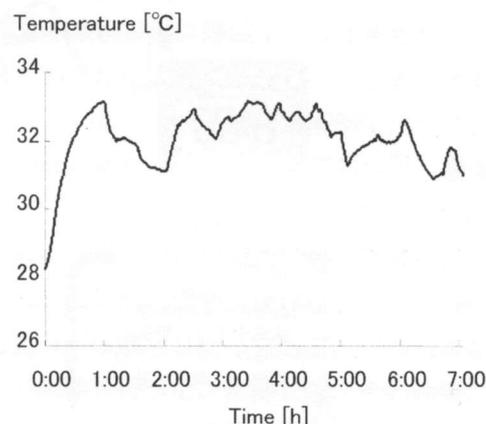


図4 デジタル脳波計

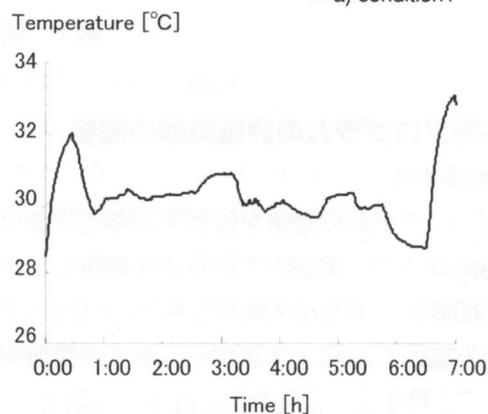
3. 結果

(1) 寝床内温度

寝床内温度の5点の平均結果を図4に示す。図より、寝床内温度の時間推移を見ると、先述の快眠プログラムに応じた温度変化が確認できた。また、すべての被験者において同様の結果が得られた。本結果は、快眠プログラムの概念が有効に動作したことを示唆すると考えられる。



a) condition1



b) condition2

図5 寝床内温度 Condition 1 a), Condition 2 b)

(2) 睡眠の質

被験者の睡眠ポリグラフの計測結果を図6に示す。Condition1においては睡眠初期のSWS (Slow Wave Sleep) が少なく、REM (Rapid Eye Movement) 睡眠の抑制、1サイクル目のSWS出現時刻の遅延などが観られているのに対して、Condition2においては睡眠初期のSWSが多く出現しており、REM睡眠の持続が特徴的である。

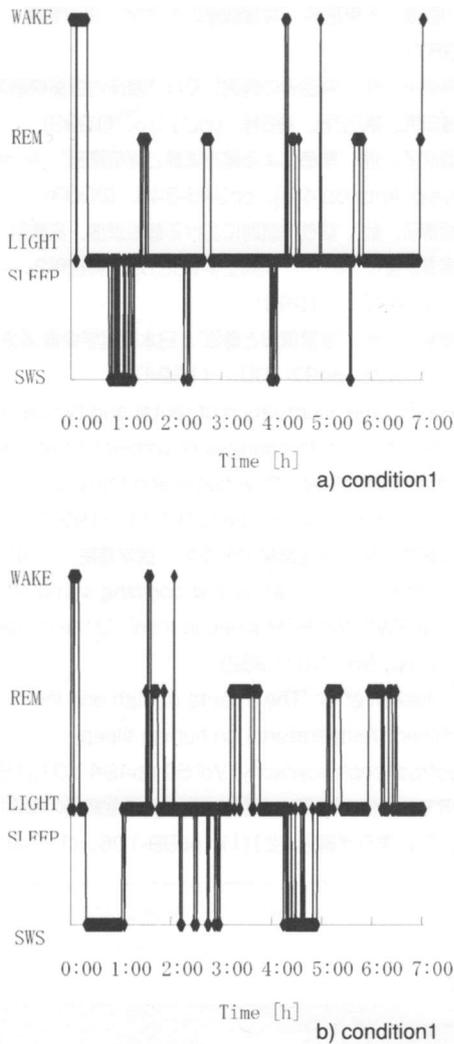


図6 睡眠ポリグラフの計測結果
Condition1 a), Condition2 b)

この結果を詳細に検討するため、SWS出現割合率、REM睡眠出現割合率という観点から睡眠の質を検討した結果を図7に示す。SWS出現割合率、REM睡眠出現割合率共に、Condition2の方が増加する傾向が見られた。また、2条件間で対応のあるt検定を行ったところ、Condition2の場合、有意に増加することが認められた ($p < 0.05$)。

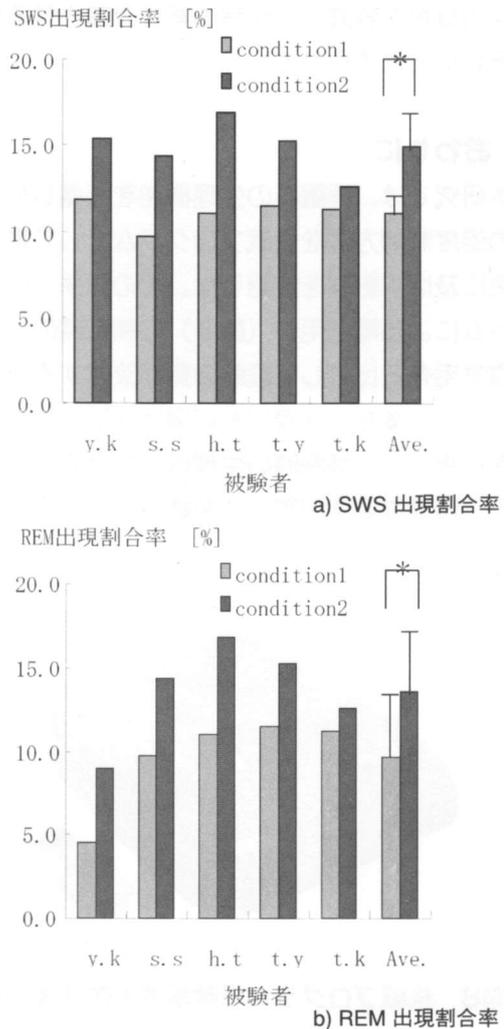


図7 SWS 出現割合率 a) REM 出現割合率 b)
5名被験者

4. 考察

睡眠中は体温調節機能が低下しており、温熱条件の影響を受けやすい^{10) 11)}。これまでに、睡眠時の温熱環境の研究としては、特に、低温度条件や高温度条件と睡眠に関する研究が多くなされており^{12) 13)}、例えば、冬季は寝床内温度が不適切なため、中途覚醒が多く、寒気を訴える事例なども報告されている。一般に快適な寝床内の気候条件は温度 $33 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $55 \pm 5\%$ とされており、このときに覚醒時間が最も少なく、REM睡眠とSWSが最も長くなり、逆に、この条件以外ではREM睡眠、SWSともに減少することが報告されている¹⁴⁾。

暑くも寒くもないといった中間温では、耐寒、耐暑としての生体にとっての負担は少なく、今回、本実験で確認された、SWSやREMの増加は、生理反

応への負担を軽減し、睡眠の質を改善させる可能性を示したと考えられる。

6. おわりに

本研究では、睡眠時の生理機能を考慮した電気毛布の温度制御方法を快眠プログラムとして提案し、睡眠に及ぼす影響を確認した。その結果、快眠プログラムによる電気毛布(図8)の制御時には、従来の電気毛布と比較して睡眠の質が改善する傾向を確認した。今後も、快適な睡眠環境を提供する装置開発を目指して、睡眠時の生理機能を考慮した採暖具等の、最適な温度制御方法を検討していく。



図8 快眠プログラム搭載電気毛布「ス・ヤ・ヤ」

謝辞

なお、本快眠プログラムの温度制御案に係わる調査検討に関しまして、社団法人人間生活工学研究センターユーザビリティサポート部には多大の貢献を賜りましたこと深く感謝申し上げます。

●参考文献

- 1) 小島卓也、他：“すやすやねむる”、ぎょうせい、pp20-25、(2001)
- 2) 岡田志麻、他：“寝床内温度コントロールに関する基礎検討”、第49回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集、pp251-252、(2005)
- 3) 鳥居鎮夫：“睡眠環境学”、pp152-153、朝倉出版、(1999)
- 4) 早川修、井上昌次郎：“快眠の科学”、朝倉書店、(2002)
- 5) 中山昭雄、入来正躬：“体温調節の生理学”、医学書院、(1987)
- 6) 宮島朝子、他：“高齢者の睡眠に及ぼす寝床内暖房機器の影響”、看護研究、第32巻、第6号、pp23-33、(1999)
- 7) 梁瀬度子、他：“季節による寝床気候と睡眠経過”、Annals Physiol.Anthrop 4(4)、pp343-346、(2003)
- 8) 久保博子、他：“終夜睡眠時における睡眠深度、皮膚温、睡眠満足度について”、人間工学VOL.35、特別号2、pp456-457、(1999)
- 9) 梁瀬度子、他：“寝室環境と睡眠”、日本睡眠学会編、睡眠学ハンドブック、pp97-100、(1994)
- 10) Y.Hashizume：“Fluctuation of rectal and tympanic temperatures with changes of ambient temperature during night sleep”、Psychiatry and Clinical Neurosciences, Vol.51,pp129-133、(1997)
- 11) 中山昭雄、他：“体温調節の生理学”、医学書院、(1987)
- 12) V.Candas et al：“Heating and cooling stimulation during SWS and REM sleep in man”、J.therm. Biol. Vol.7、pp155-158、(1982)
- 13) E.H.Haskell et al：“The effects of high and low ambient temperatures on human sleep, electroencephalography”、Vol.51,pp494-501、(1981)
- 14) 宮沢モリ、他：“季節による寝床気候と睡眠経過の関係について”、家政学研究、21(1)、pp99-106、(1974)

連絡先

三洋電機株式会社
研究開発部 ヒューマンエコロジー研究所
藤原 義久
TEL 072-841-1284
E mail Yoshihisa.Fujiwara@sanyo.co.jp