

夏期における寢室の温熱環境が終夜睡眠に及ぼす影響

後藤 和貴子¹⁾, 浦野 千代美²⁾, 久保 博子²⁾, 木村 文雄³⁾, 藤岡 一郎³⁾
¹⁾奈良女子大学大学院 ²⁾奈良女子大学 ³⁾ 積水ハウス

Effects of Thermal Environment at Bedroom during Night Sleep in Summer

Wakiko GOTO¹⁾, Chiyomi Urano²⁾, Hiroko KUBO²⁾, Fumio KIMURA³⁾, Ichiro Fujioka³⁾

¹⁾ Graduate School of Human Life and Culture, Nara Women's University

²⁾ Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University ³⁾ Sekisui House Ltd.

Abstract:

In this study, we focused on air temperature of bedroom and investigated physiological and psychological responses to changes in thermal environment during night sleep in summer. Healthy female college-age students participated in this sleep experiments at the dormitory of Nara Woman's University and the symbiotic house at Tokyo. Measurements included EEG, rectal temperature, 7 point of skin temperatures, heart rate, and responses to the OSA sleep evaluation. Thermal environments were not controlled. Ambient temperature of bedroom was 22~32°C. Ambient temperature influenced both skin temperature and rectal temperature. Particularly, when the subjects exposed to hot and humid conditions, that worsened OSA sleep evaluation by integrated sleep feeling, and sleep initiation.

Key Words: sleep, ambient temperature, new effective temperature, thermal comfort, OSA sleep inventory

要旨:

【目的】睡眠と寢室の温熱環境の間には密接な関係があることが知られており、特に夏期においてその傾向は顕著である。本研究では終夜の寢室温熱環境の変化とその変化が睡眠中の人体に及ぼす影響について検討することを目的とした。

【方法】夏期において青年女性を被験者とし、奈良女子大学学生寮の1室及び環境共生住宅の4室で終夜睡眠実験を行った。実験中は脳波や皮膚温、直腸温、心拍数を測定し、睡眠前後に環境や睡眠に関する心理評価を得た。

【結果】寢室の温熱環境は22~32°C程度になり、室温の変化は皮膚温だけでなく、深部体温にまで影響を及ぼした。特に暑熱である場合、主観的睡眠感や深睡眠出現率に顕著な影響を与え、皮膚温・直腸温・温冷感・快適感等にもその影響が認められた。

キーワード: 睡眠、室温、新有効温度 快適感 OSA 睡眠調査票

1. はじめに

近年、熱帯夜の日数が年々増え続けている。蒸し暑い寢室環境では寝苦しく、睡眠中の中途覚醒が多くなることは日常生活でしばしば体験される。又、睡眠中は覚醒時よりも体温調節機能が低下し、寢室の温熱環境の影響を受けやすいことが明らかにされている(梁瀬、1999)。そのため、夏期において快適な温熱環境を得るための手段として、エアコンディショナーによる室温制御が行われている。家庭用エアコンの普及率

は年々上昇し、快適な睡眠環境が実現できるようになった。しかし、所在地や住宅構造・生活習慣など様々な要因の影響に加え、環境温度の調節範囲に関しては個人の好みによるところが大きいことから、個人が体感している温熱環境は全く異なると考えられる。

本研究では、実態調査の結果をもとに、実空間において、冷房の使用状況の異なる環境下で睡眠をとった場合の生理・心理反応を測定し、夏期における寢室の温熱環境が終夜睡眠に及ぼす影響を明らかにした。

2. 方法

2-1 調査概要

調査概要(Table 1)、被験者属性(Table 2)を示す。被験者には研究の目的と意義を十分に説明し同意を得た。

2-2 測定項目及び測定方法

調査手順を Fig. 1 に示す。調査は午後 11 時頃から開始し、被験者には 8 時間の睡眠をとらせた。

調査中は脳波・眼電図及びおとがい筋筋電図を終夜連続測定し、Rechtschaffen & Kales(1968) の睡眠段階判定基準に基づき、各睡眠段階に区分した。皮膚温・直腸温・心拍数・体動・寝床内温湿度(背部)及び衣服内温湿度(胸部)は終夜連続測定を行い、測定間隔は 60 秒とした。皮膚温の測定部位は Hardy & DuBois の 7 点法(1968)に従い、体表面積率の重み平均に基づいて平均皮膚温を算出した。又、睡眠前後に血圧・心拍数・舌下温及び体重の測定を行った。心理的反応として快適感等の申告を睡眠前・後に実施し、さらに、起床時に睡眠に関する主観的評価として、OSA 睡眠調査票(小栗ら、1985)を使用し、起床時調査 B-1,B-2 を実施した。

2-3 環境条件

学寮実測調査の環境条件を Table 3 に示す。日常睡眠に関する実態調査(宮原、2005)をもとに、Timer_3h、Aircon_on、Window_close、Window_open の 4 条件を設定した。エアコンはいずれの条件においても 26℃に設定し、風量は自動とした。扇風機は風量：弱および首振りにて運転を行った。実験初日に Timer_3h を実施し、それ以降は各条件をランダムに行った。初日のデータは第一夜効果を考慮し、脳波及び OSA 睡眠調査票についてはデータを採用せず、温熱環境・皮膚温・直腸温及び申告を検討に用いた。

又、上掛けとしてタオルケット(綿 100%)を用いたが、使用方法は特に指定しなかった。

2-4 補足調査

一般住宅において調査を行った場合と、大学寮において調査を行った場合に同様の結果が得られるかを確認するため、東京都国立市にある環境共生住宅、積水ハウス サステナブルデザインラボラトリー(以下 SD ラボ)において同様の実測調査を行った。補足調査では冷房は使用せず、窓の開閉のみ験者側から指定し、温度・湿度は成り行きに任せた。補足調査の調査概要を Table 4 に示す。

2-5 データ整理

本研究では SAS 統計パッケージを用いてデータ解析を行った。有意水準は $p < 0.05$ とした。

Table 1 Outline of the experiments

学寮実測調査	
期間	2006/08/01~2006/09/12
場所	奈良女子大学学生寮K棟127号室、A棟336号室
被験者	健康な青年女子9名
例数	一人1例、4条件、計36例
測定項目	終夜 脳波、おとがい筋筋電図、眼電図、皮膚温7点、直腸温、寝床内温湿度(背部)、体動量、心拍数、黒球温度(0.6m)、室温(0.1, 0.6, 1.1, 1.6m)、相対湿度(0.6m)、気流速度(0.6m)
	睡眠前後 体重、血圧、脈拍数、舌下温、唾液中アミラーゼ濃度、就床時・起床時申告、OSA睡眠調査表(起床時)
寝具	敷布団、シーツ、タオルケット(綿100%)、枕(水鳥羽毛100%)
寝衣	半袖膝丈ズボンのパジャマ(綿100%)

Table 2 Subjects' physical characteristics

	学寮実測調査
年齢	22.0 ± 1.04
身長 (cm)	156.1 ± 4.76
体重 (kg)	50.3 ± 6.81

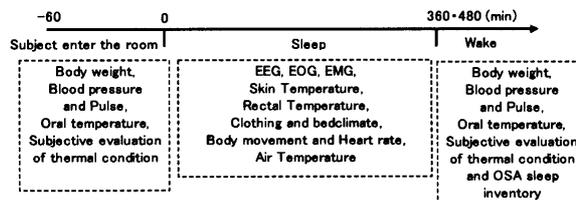


Fig. 1 Experimental schedule

Table 3 Thermal environment during sleep

Timer_3h	就床3時間後までエアコンを使用する
Aircon_on	終夜エアコンを連続で使用する。(設定温度=26℃)
Window_close	閉窓。就床直前まではエアコンを使用。
Window_open	開窓。就床中は扇風機を首振り・弱設定にて使用する。
	相対湿度は環境に依存
	実験初日にTimer_3hを実施し、それ以降は各条件をランダムに行う

Table 4 Outline of the experiments (experiments at the SD lab.)

サステナブルデザインラボラトリー実測調査	
期間	2007/08/06~08/08,09/03~09/05
場所	積水ハウス サステナブルデザインラボラトリー①~④室
被験者	健康な青年女子7名
例数	一人2~4例、計16例
測定項目	終夜 脳波、おとがい筋筋電図、眼電図、皮膚温7点、直腸温、寝床内温湿度(背部)、体動量、心拍数、黒球温度(0.6m)、室温(0.1, 0.6, 1.1, 1.6m)、相対湿度(0.6m)、気流速度(0.6m)
	睡眠前後 血圧、脈拍数、舌下温、就床時・起床時申告、OSA睡眠調査表(起床時)
寝具	敷布団、シーツ、タオルケット(綿100%)、枕(水鳥羽毛100%)
寝衣	半袖Tシャツ、ハーフパンツ(綿100%)

Table 2 Subjects' physical characteristics (experiments at the SD lab.)

	SDラボ実測調査
年齢	22.6 ± 1.13
身長 (cm)	160.5 ± 6.25
体重 (kg)	51.6 ± 7.32

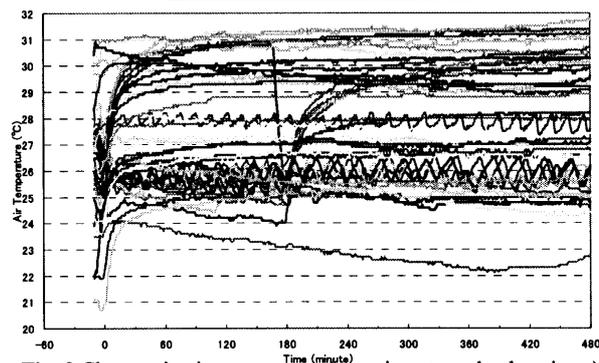


Fig. 2 Changes in air temperature (experiments at the dormitory)

3. 結果

3-1 環境温

Fig. 2,3 に室温の経時変動を示す。

学寮実測調査では様々な条件を設定したため、室温は 22~32℃の範囲に分布していた。SD ラボ実測調査でも部屋の位置により同じ調査日でも 24~30℃までかなり異なった室温がみられた。また温度だけでなく、気流も 0 m/s から最大で 0.6 m/s と、条件により大きく異なっていた。

そこで、本調査においては全ての条件下で代謝量、着衣量が同等であったと仮定し、温熱環境の影響を検討するために ET*(新有効温度)を用いて検討を行う。また、一晩のうちに大きな温度の変化があったケースもみられたことから、全睡眠時間を入眠期(入床後 2 時間)、覚醒期(起床 2 時間前~起床)、睡眠中(それ以外の時間)と区分し、以降の検討を行う。

3-2 環境と心理反応の関係

(1) OSA 睡眠調査票

OSA 睡眠調査票は起床時の睡眠感を評価するために小栗ら(1985)によって開発されたものである。睡眠感に寄与率が高い眠気の因子・睡眠維持の因子・気がかりの因子・統合的睡眠の因子及び寝つきの因子という 5 つの因子に分けられ、得点が高いほど良い睡眠感が得られたことを意味している。

Fig. 4 に入眠期の ET*と統合的睡眠および寝つきの因子との関係を示す。他の因子については温熱環境との相関は見られなかった。両因子とも、ET*と有意な相関がみられたことから、入眠期に暑熱環境に曝露されることは、主観的睡眠感を低下させると考えられる。

(2) 温冷感申告

Fig. 5 に起床時の ET*と快適感及び温冷感の関係を示す。就床時の申告と ET*の間に有意な相関はみられなかった。これは学寮実測調査の際、就床直前までは冷房を行っていたこと、さらに覚醒状態において申告を得たため、寝具での調節がある程度可能であったことなどが理由として考えられる。起床時に温熱的中性申告が得られたのは ET* 22.0~30.0℃のときであった。また、ET*22.7~29.8℃のとき、快適感が「どちらでもない」以上になった。

本調査においては、主観的睡眠感には就床時の温熱環境がより強い影響を及ぼすが、快適感に関しては就床時よりも起床時の温熱環境に有意な相関がみられ、就床時は 29℃程度迄、起床時には 29.8℃以下の環境が主観的に好ましい環境であったといえる。

以上より、寝室の温熱環境を考慮する際には、就床時・起床時両方に関する検討が必要であるといえる。

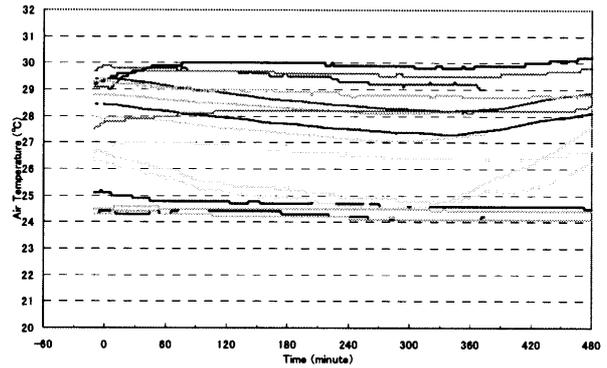


Fig. 3 Changes in air temperature (experiments at the SD lab.)

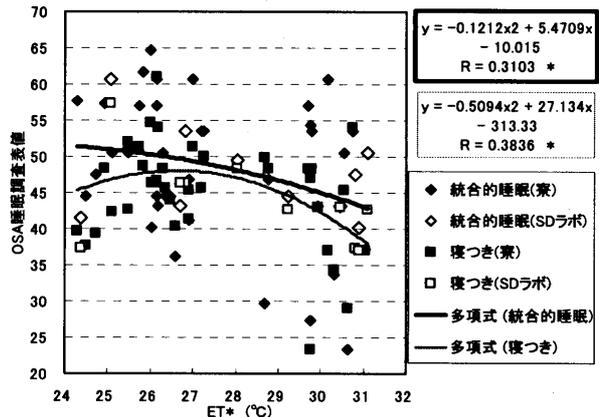


Fig. 4 Relationship between ET* and OSA sleep inventory

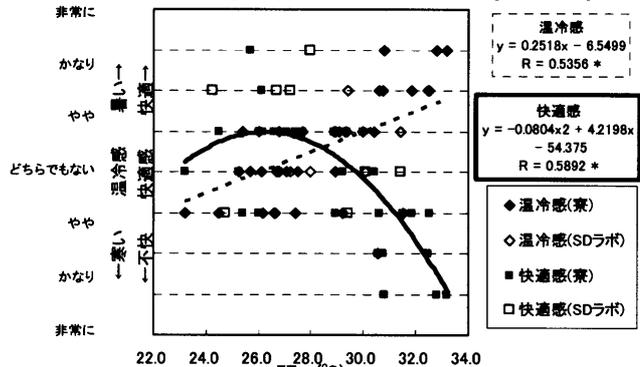


Fig. 5 Subjective evaluation of thermal condition

(Thermal comfort vote and thermal sensation vote)

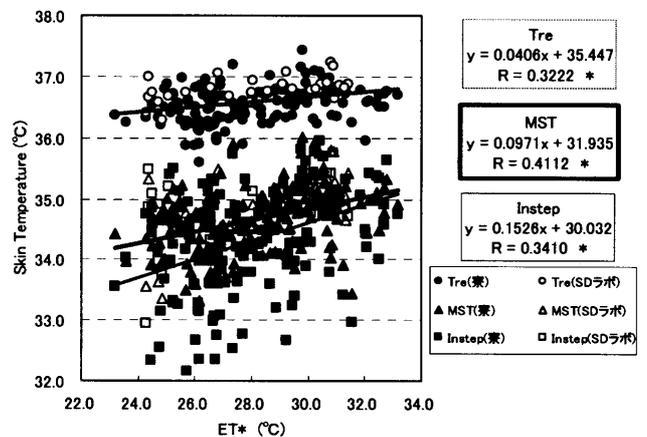


Fig. 6 Relationship between ET* and rectal temperature, instep temperature, and mean skin temperature

3-3 環境と生理反応の関係

(1) 皮膚温及び直腸温

Fig.6 に足背皮膚温・平均皮膚温及び直腸温と ET* の関係を示す。平均皮膚温、足背部皮膚温と ET* の間には有意な相関がみられた。さらに、直腸温と ET* にも有意な相関があり、温熱環境は皮膚温のみならず、核心温にまで影響を及ぼすことがうかがえる。

(2) 深睡眠出現率

Fig.7 に区分毎の深睡眠出現率を示す。入眠期において、ET*が高いほど深睡眠の出現率が低下する傾向がみられた。しかし覚醒期になると ET*が高いほど深睡眠の出現率が有意に高くなった。これは睡眠前半に得られなかった深睡眠を明け方に補っていたためと考えられる。又、入眠期において ET*29.5℃以上の環境に曝露された場合、寝つきが悪く、十分な睡眠が得られない被験者が存在した。よって入眠期には ET*をある程度低く保つ必要がある。

(3) 心拍数

Fig.8 に区分毎の ET*と心拍数の関係を示す。

高温環境に曝露されると心拍数が増加する(堀、1983)が、本調査においても ET*が高いほど心拍数も有意に高い値をとる同様の傾向がみられた。

また一般的には、睡眠時、特にノンレム睡眠で副交感神経系が優位であるため心循環系は落ち着くといわれる(Kleitman, 1963)が、先に述べたとおり、高い室温下では心拍数が高い傾向がみられることから、暑熱環境は睡眠中の循環系に望ましくない影響をもたらす可能性がある。

4. まとめ

本研究は、奈良女子大学学生寮および環境共生住宅積水ハウス サステナブルデザインラボラトリーの 2ヶ所の実空間において、夏期の寝室温熱環境に関する調査を行い、寝室の温熱環境が終夜睡眠中の生理・心理反応に及ぼす影響を明らかにした。

調査は夏期に行ったが、冷房の使用状況や窓の開け閉め、住宅構造などにより、寝室温は広い範囲に分布しており、22~32℃と 10℃以上の違いがみられた。他の温熱要素についても室温と同様の傾向がみられた。

また、温熱環境は主観的睡眠感・末梢部皮膚温・直腸温・深睡眠出現率および心拍数など、多くの生理・心理反応に影響を与えていた。いずれの反応についても、本調査においては暑熱な環境になるほど悪化する傾向がみられたことから、夏期の寝室環境は、暑熱となりすぎないように注意を払うべきであり、就床時には 29℃、起床時には 29.7℃以下となる環境が望ましいと

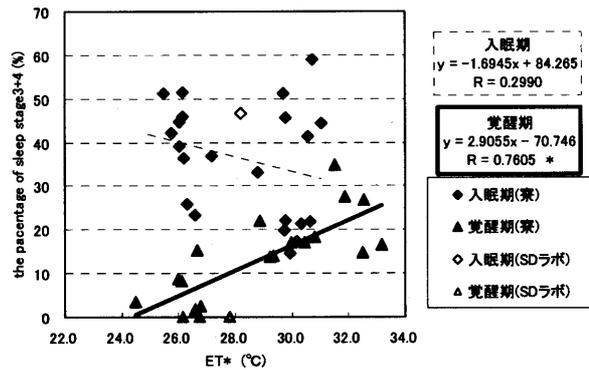


Fig. 7 Percentages of stage 3+4 each segments

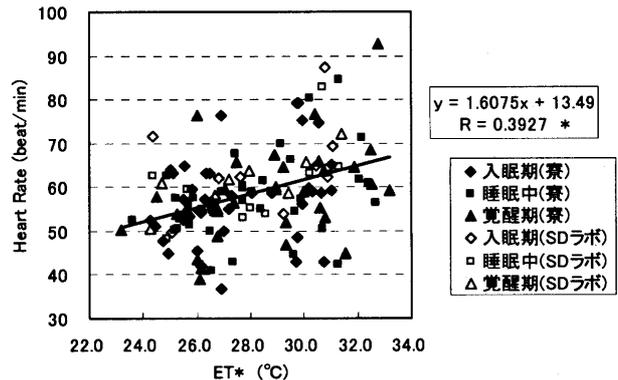


Fig. 8 Relationship between ET* and heart rate

いうことができる。しかし、本調査は ET*が 25℃以下となるような例があまりみられなかった。そのため、今後の課題として猛暑の時期以外の冷涼な環境におけるデータの収集、検討の必要があげられる。

5. 文献

Kleitman N (1968): Sleep and Wakefulness 2nd Ed. University of Chicago Press, Chicago
 J.D. Hardy et al. (1968): The technique of measuring radiation and convection, Journal of nutrition, 14, 461-475,
 Rechtschaffen A, Kales A. (1968): A manual of standardized terminology, technique and scoring system for sleep stages of human subjects. Public Health Service, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
 Ritsuko MIYAHARA, Hiroko KUBO (2005): Effects of temperature on physiological and psychological responses during night sleep in summer, ICHES 要旨集, P-031
 堀清記(1983):6.温度適応,温熱生理学,理工学社,p496
 小栗貞(1985):OSA 睡眠調査票の開発 - 睡眠感評定のための統計的尺度構成と標準化 -,精神医学 27,791/799
 梁瀬度子(1999):第三編 9.寝室の環境づくり 9.3 温熱環境,睡眠環境学,鳥居鎮夫(編),p152,朝倉書店

謝辞 実験に協力していただきました被験者の方々に感謝の意を表します。

<連絡先>

後藤 和貴子
 奈良県奈良市北魚屋東町 奈良女子大学 E棟 552
 奈良女子大学大学院 人間文化研究科
 wakiko_g@hotmail.com