

対流式冷房を用いた病室での睡眠に関する実験的研究

正会員 ○ 糸井川高穂  
 正会員 羽山 広文  
 正会員 繪内 正道  
 正会員 山岸 浩

対流式冷房 病室

主観的睡眠感 Actigraphy

1. 目的

人体が覚醒状態であるなら、暑く感じるときには木陰へ移動し、寒く感じるときには重ね着するなど、行動性体温調節により各自で各自が曝される温熱環境を微調整することができる。しかし、人体が睡眠状態である場合、無意識な人体が十分な行動性体温調節を行うことは難しい。従って、行動性体温調節への期待を含むような覚醒状態の人体を対象とした冷房の設定室温や運転時間の制御は、睡眠状態の人体を対象とする場合、不適切な制御となる危険性があり、睡眠時の生理反応・心理反応に基づいた細かな制御が必要である。

2. 実験計画

表 1 に実験の設定条件を示す。睡眠時に快適な温熱環境とされている室温 28℃、相対湿度 50%<sup>1)</sup>を参考に、26℃、28℃、30℃の室温と 50%で一定の相対湿度を実験の設定条件とした。最大熱負荷計算法 2)-4)に基づき、冷房負荷を算出した。冷房負荷は設定室温 26℃の場合で約 470W、28℃の場合で約 430W、30℃の場合で約 400W となり、それらの負荷を壁放射パネルの表面温度をそれぞれ約 27.0℃、約 29.0℃、約 30.9℃とすることで発生させた。株式会社トヨックス富山本社事務所棟内に病室を想定して試作した人工気候室(以下、実験室)を用いて、2005年10月3日から2005年10月31日に実験を行った。実験室の平面図および断面図を図 1 に示す。床面積は約 12.1m<sup>2</sup>、容積は 30.4m<sup>3</sup>であった。被験者の概要を表 2 に示す。健康な青年男女各 2 名を被験者とした。日本人を対象とした体表面積の算出式 5)を、本研究では用いた。一般に病院で用いられている寝間着と被験者に用意させた下着を着衣とし、着衣の重量を基にした推定式 6)を用いて着衣の熱抵抗を算出した。表 3 に、測定項目を示す。被験者の生理反応として人体各部位の皮膚温等を測定し、心理反応として OSA 睡眠調査票 (MA 版) 7)8)を用い、主観的睡眠感を測定した。実験の時間割を表 4 に示す。

3. 実験結果と考察

図 2 に、平均皮膚温の経時変化の様子を被験者平均で示す。図より、曝露される設定室温に関わらず、平均皮膚温は午前 2 時頃まで上昇し、その後午前 5 時頃まで下降し、午前 5 時頃から午前 7 時頃まではほぼ一定の値となった。

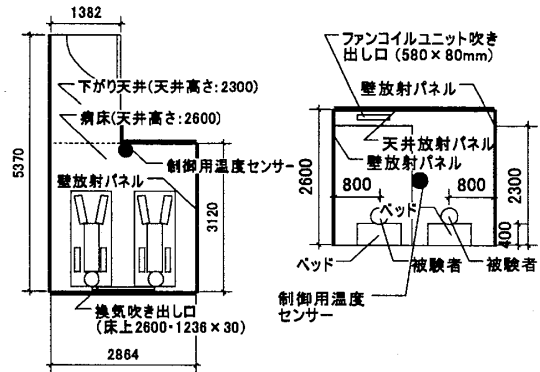


図 1 人工気候室平面図および断面図 (単位・

表 1 実験の設定条件

控え室			実験室		
設定室温	相対湿度	冷房方式	設定室温	相対湿度	冷房方式
28[℃]	50[%]	対流式	26[℃]	50[%]	対流式
			28[℃]		
			30[℃]		

表 2 被験者の概要

被験者	Y.O.	S.K.	Yi.M.	Ya.M.
年齢	19	19	20	20
性別	男性	男性	女性	女性
身長	1.83[m]	1.85[m]	1.52[m]	1.43[m]
体重	66.0[kg]	68.0[kg]	52.2[kg]	56.0[kg]
体表面積	1.9[m <sup>2</sup> ]	1.9[m <sup>2</sup> ]	1.5[m <sup>2</sup> ]	1.5[m <sup>2</sup> ]
出生地	富山県	富山県	富山県	富山県

表 3 測定項目

測定項目	測定機器	測定位置
室温	0.3mmφ T型熱電対	18点
気流速度	超音波風速計	床上 400mm
グローブ温度	グローブ温度	床上 400mm
相対湿度	湿度計	床上 1200mm
絶対湿度	湿度センサー	床上 1200mm
室内表面温度	0.3mmφ T型熱電対	天井 7点、壁 8点、床 2点
皮膚温	0.3mmφ T型熱電対	H-D 7点
熱流量	熱流計	H-D 7点
心拍変動	心電図解析器	-
Actigraphy	Actiwatch	利き腕と逆の手首

表 4 実験スケジュール

時刻	21:00	23:00	07:00
場所	控え室	実験室	控え室

図 3 および図 4 に、Actigraphy のうち、Actual Sleep および Total Activity Score を被験者平均で示す。Actual Sleep

は、入眠から起床までの時間の間に占める、途中の覚醒時間を除く実際の睡眠時間の割合を示す。また、Total Activity Score は、入眠から起床までの間に Actiwatch が動いた回数を示す。図 3 より、設定室温が高いほど、Actual Sleep は低いことが分かった。また、図 4 より、設定室温が高いほど、Total Activity Score は高いことが分かった。

図 5 に、主観的睡眠感を構成する因子 I (起床時眠気)、因子 II (入眠と睡眠維持)、因子 III (夢み)、因子 IV (疲労回復)、因子 V (睡眠時間) を被験者平均で示す。これら 5 つの因子は、標準化得点で評価される指標で、この値が大きいほど良好な睡眠であったことを意味する。図 5 より、全ての因子は、設定室温に関わらず、概ね一定の値となることが分かった。

図 2 で明らかにした平均皮膚温の変動する時刻より、睡眠時間を午後 0 時から午前 2 時、午前 2 時から午前 5 時、午前 5 時から午前 7 時の 3 つの時間帯に分け、それぞれの時間帯ごとに、各部皮膚温と Total Activity Score の関係を図 6 および図 7 に示す。図 6 および図 7 より、午前 2 時以降の時間帯では、室内に露出している前腕、手および足に加えて、被覆部位の下腿の皮膚温が低いほど、Total Activity Score が低いことが分かった。このことから、午前 2 時以降に露出している部位を冷やすことで、寝返りの回数を減らすことができ、寝心地を改善することができる 1) と考える。

4. まとめ

睡眠に適した冷房の室温や運転時間の制御方法を提案することを目的とし、健康な青年男女各 2 名を用いた被験者実験を行った結果、以下の知見を得た。

- ・睡眠時の平均皮膚温の経時変化は、午後 0 時から午前 2 時までの上昇、午前 2 時から午前 5 時までの下降、午前 5 時から午前 7 時までの安定の 3 つの時間帯で構成される。

- ・26℃から 30℃の設定室温の範囲内では、室温に関わらず主観的睡眠感は概ね一様である。

- ・午後 0 時から午前 2 時、午前 2 時から午前 5 時、午前 5 時から午前 7 時の 3 つの時間帯ごとの各部皮膚温の平均値と終夜の Total Activity Score の比較から、午前 2 時から午前 5 時と午前 5 時から午前 7 時の時間帯では、室内に露出している部分である前腕、手、足の皮膚温が低い場合に Total Activity Score の値が低くなる。

- ・以上より、設定室温 26℃から 30℃の範囲内では、午後 0 時から午前 7 時まで設定室温を 26℃とした制御が、病室での睡眠時の対流式冷房の制御方法として適していると考えられる。さらに、設定室温 30℃のような暑熱環境に曝露される場合、額や足などの室内に露出している部位を冷やすことで、生理的な睡眠の質を改善できると推測する。

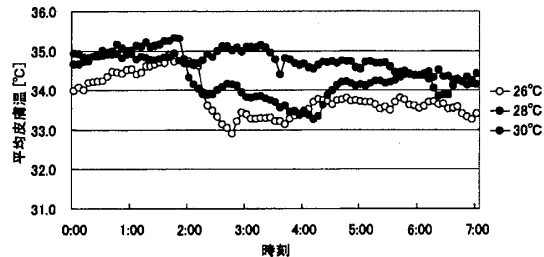


図 2 平均皮膚温の経時変化

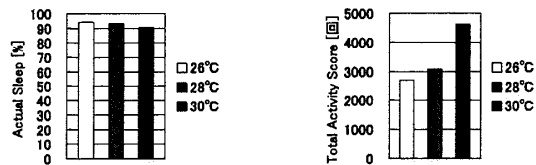


図 3 Actual Sleep 図 4 Total Activity Score

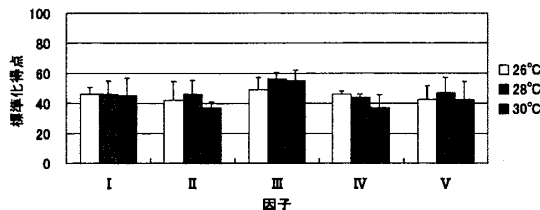


図 5 主観的睡眠感

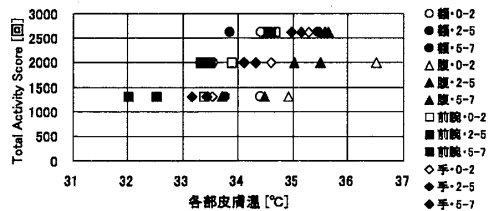


図 6 各部皮膚温と Total Activity Score

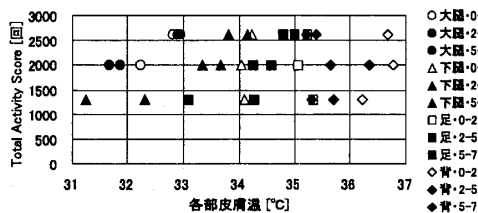


図 7 各部皮膚温と Total Activity Score

参考文献

- 1) 日本睡眠学会：睡眠学ハンドブック、株式会社朝倉書店、1994
- 2) 空気調和・衛生工学会編：設計用最大熱負荷計算法、丸善株式会社、1996
- 3) 渡辺要編：建築計画原論Ⅱ、丸善株式会社、1965
- 4) 井上宇市：空気調和ハンドブック、丸善株式会社、1996
- 5) 蔵澄美仁、堀越哲美、土川忠浩、松原春樹：日本人の体表面積に関する研究、日本生気象学会雑誌、No.31(1)、pp5-29、1994
- 6) 空気調和・衛生工学会編：快適な温熱環境のメカニズム、丸善株式会社、1997
- 7) 山本由華史、田中秀樹、高瀬美紀、山崎勝男、阿住一雄、白川修一郎：1999：中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠感調査票 (MA 版) の開発と標準化、脳と精神の医学、10、401/409

山本由華史、田中秀樹、前田素子、山崎勝男、白川修一郎 2000：眠感に影響を及ぼす性格特性—神経的、外向性・内向性傾向についての検討—、健康心理学研究、13、13-22

\*1 日立アプライアンス株式会社 修士 (工学)  
 \*2 北海道大学大学院工学研究科 助教授・博士 (工学)  
 \*3 北海道大学大学院工学研究科 教授・工学博士  
 \*4 株式会社トヨックス

\*1 Hitachi Appliances, Inc., M.Eng  
 \*2 Assoc Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng  
 \*3 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng  
 \*4 TOYOK CO., LTD