

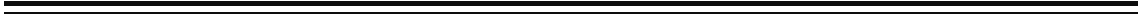
芝浦工業大学

博士学位論文

睡眠時の室内環境が皮膚と睡眠に与える影響

令和3年3月

岩城 朱美



---

---

## 睡眠時の室内環境が皮膚と睡眠に与える影響

### 目 次

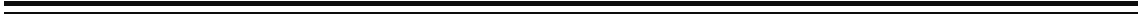
第 1 章 序論 .....	8
1.1 本研究の背景 .....	8
1.2. 睡眠に関する課題.....	11
1.3. 睡眠時の皮膚に関する課題 .....	15
参考文献 .....	16
第 2 章 本研究の動機・目的および概念 .....	20
2.1 本研究の動機 .....	20
2.2 本研究の目的 .....	21
2.3 本研究の枠組みと構成 .....	22
2.3.1 研究の枠組み .....	22
2.3.2 研究の構成 .....	23
2.4 本研究の意義 .....	26
2.4.1 期待される成果 .....	26
2.4.2 学術的意義と社会的意義 .....	27
2.5 本研究における用語の定義 .....	29
参考文献 .....	31
第 3 章 睡眠および睡眠環境に関する既往研究 .....	36
3.1 睡眠のメカニズム .....	36
3.1.1 ノンレム睡眠とレム睡眠 .....	36
3.1.2 睡眠段階.....	38
3.1.3 自律神経系機能.....	39
3.1.4 LF/HF .....	40
3.2 睡眠と環境に関する既往研究 .....	42
3.2.1 身体特性と社会的決定要因、生活習慣と生活スタイル .....	42
3.2.2 睡眠と温熱環境.....	44
3.2.3 環境による睡眠研究のまとめ .....	46
3.3 第 3 章のまとめ.....	47
参考文献 .....	48
第 4 章 加湿環境が中年者の皮膚と睡眠に及ぼす影響(夏期・冬期) .....	56
4.1 研究目的 .....	56
4.2 実験方法 .....	57
4.2.1 実験対象者 .....	57
4.2.2 実験期間・場所 .....	57
4.2.3 実験条件 .....	58
4.2.4 測定項目・手順.....	60
4.2.5 皮膚肌理画像解析 .....	62
4.2.6 統計解析 .....	64
4.3 結果.....	65
4.3.1 中年者の居住環境に関する調査 .....	65
4.3.2 中年者の寝室の温湿度環境 .....	67
4.3.3 皮膚水分率 .....	69
4.3.4 睡眠効率と入眠潜時 .....	70

4.3.5 皮膚の肌理画像解析結果 .....	72
4.4 考察 .....	75
4.4.1 局所加湿が及ぼす睡眠への影響 .....	75
4.4.2 睡眠時の加湿が及ぼす皮膚水分率・皮膚肌理への影響 .....	78
4.5 第4章のまとめ .....	80
参考文献 .....	81
第5章 全館空調住宅居住者の睡眠に関する調査(夏期・冬期) .....	86
5.1 研究目的 .....	86
5.2 方法 .....	87
5.2.1 実験環境・期間 .....	87
5.2.2 実験対象者 .....	87
5.2.3 実験条件 .....	88
5.2.4 測定項目および方法 .....	89
5.2.5 睡眠の評価 .....	90
5.2.6 統計分析 .....	90
5.3 結果 .....	91
5.3.1 中年者の基本属性 .....	91
5.3.2 中年者の主観による睡眠環境 .....	91
5.3.3 中年者の睡眠環境実測値 .....	94
5.3.4 中年者の睡眠と血圧、皮膚水分率への影響 .....	95
5.3.5 中年男性の皮膚肌理画像解析 .....	100
Table .....	103
Table .....	103
5.4 考察 .....	104
5.4.1 加湿が及ぼす全館空調住宅居住者の皮膚肌理への影響 .....	104
5.4.2 全館空調と個別空調の比較 .....	105
5.5 第5章のまとめ .....	110
参考文献 .....	111
第6章 居室および空調方式の違いによる睡眠への影響(夏期) .....	116
6.1 研究目的 .....	116
6.2 実験方法 .....	117
6.2.1 実験期間・時間帯 .....	117
6.2.2 実験環境 .....	117
6.2.3 実験対象者 .....	120
6.2.4 実験プロトコル .....	120
6.2.5 実験条件 .....	123
6.2.6 測定項目 .....	124
6.2.7 統計処理 .....	128
6.2.8 倫理的配慮 .....	129
6.3 結果 .....	132
6.3.1 温湿度環境測定 .....	132
6.3.2 気流環境測定 .....	134
6.3.3 睡眠時の温熱気流快適感 .....	135
6.3.4 睡眠変数 .....	138
6.3.5 心拍の変化 .....	138
6.3.6 血圧の変化 .....	140

---

---

6.3.7 皮膚水分率 .....	140
6.3.8 皮膚温 .....	140
6.4 考察 .....	142
6.4.1 気流の向きによる睡眠への影響 .....	142
6.4.2 睡眠とCO2 .....	143
6.4.3 睡眠の主観評価 .....	143
6.4.4 OSA 調査票と脳波計による睡眠評価 .....	145
6.5 第6章のまとめ .....	147
参考文献 .....	149
第7章 今後の展望 .....	156
参考文献 .....	161
第8章 最終結論 .....	164
参考文献 .....	169
謝辞 .....	170
付録A 加湿環境が中年者の皮膚と睡眠に及ぼす影響(夏期・冬期) .....	174
付録B 全館空調住宅居住者の睡眠に関する調査(夏期・冬期) .....	178
付録C 居室および空調方式の違いによる睡眠への影響(夏期) .....	184

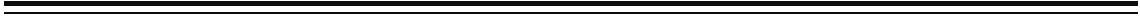


---

---

# 第 1 章

## 序論





## 第1章 序論

### 1.1 本研究の背景

睡眠は、以前は単なる休息として考えられていた。現在ではそれに加え、記憶を整理して定着させる、ホルモンバランスを調整する、免疫力を高め病気を防ぐ、脳の老廃物を除くという5つの重要な役割があることが知られている [1]。このように睡眠と健康は相互作用する関係にある。超高齢社会の現代において、健康寿命が重要視されており、疾患予防というレベルを超え、さらに健康レベルをあげていくことが課題となっている [2]。2000年に世界保健機関 (WHO: World Health Organization) が健康寿命 [3] という概念を提唱して以来、広く周知されることとなった。平均寿命とは、実際に亡くなった時の年齢の平均ではなく、その年の死亡率がそのまま変わらないと仮定し、生まれた子どもが何年生きられるかを予測した数値である。健康寿命とは、健康上の問題で日常生活が制限されることなく、自立して生活できる期間のことである。健康寿命の算出は、平均寿命から日常的・継続的な医療・介護に依存して生きる期間を除いた期間といわれ、健康寿命が長いほど、また寿命に対する健康寿命の割合が高いほど寿命の質が高いと評価される。健康寿命の延長は、結果として医療費や介護費の削減に結び付くのである。従って平均寿命と健康寿命との差が縮まることが国にとっても重大な課題となっている [5]。

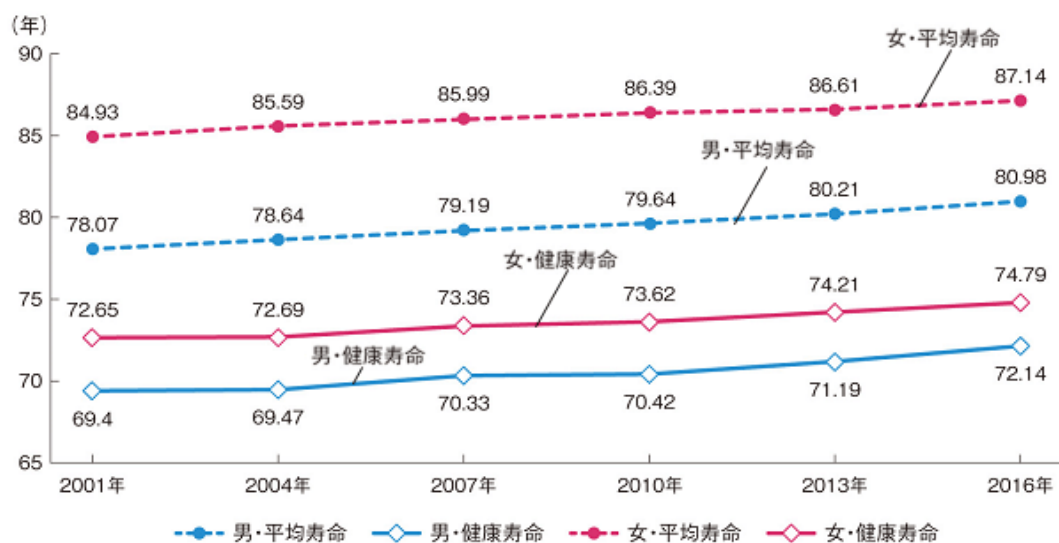


Fig.1.1.1 平均寿命と健康寿命の推移 [4]

人は生活の 3 分の 1 を眠って過ごしている。睡眠不足などによる睡眠障害は日中の活動や健康に影響を及ぼす。例えば、認知機能障害や心疾患、肥満などの健康被害である。また体温調節は睡眠の機構に強く関連しているため、室内温熱環境は睡眠の重要な決定要因であるといえる。現代社会において、睡眠の質が健康や生活を左右しているといっても過言ではない。睡眠は単なる活動停止の時間ではなく、さまざまな精神機能や身体機能に関連している。

睡眠環境に関する研究は、主に人間を対象とした限られた研究となっている。現状として、寝室には多くの問題点があることが判明している。例えば、息苦しい空気・高い CO<sub>2</sub> 濃度・熱的不快感が挙げられる。Fig.1.1.2 [6]はデンマークの研究プログラムで行われた、3 歳から 5 歳までの 500 人の子供の寝室の CO<sub>2</sub> 濃度の累積度数分布と 20 分間ごとの最高 CO<sub>2</sub> 濃度を示している。20 分間ごとの CO<sub>2</sub> 濃度は 23%の寝室で 2000 ppm を超え、6%の寝室で 3000 ppm を超えていた。デンマークの住宅は高气密住宅が多く、53%もの家庭で 1 時間当たりの換気回数が 0.5 回を超えていないことから、換気量不足による影響が考えられる。このうち 6%が少なくとも 20 分間、3000ppm を超える濃度となっていた。また、Fig.1.1.3 は英国保健省による健康に対する室内温度の影響を示した図 [7]である。この年次レポートによれば、寒い住宅による健康リスクにより心筋梗塞や脳卒中、肺炎等を発生し、死亡率が増加するため、冬期は少なくとも夜間の室内温度を 18° C にすることで、健康へのリスクが最小限に抑えられると推奨している。

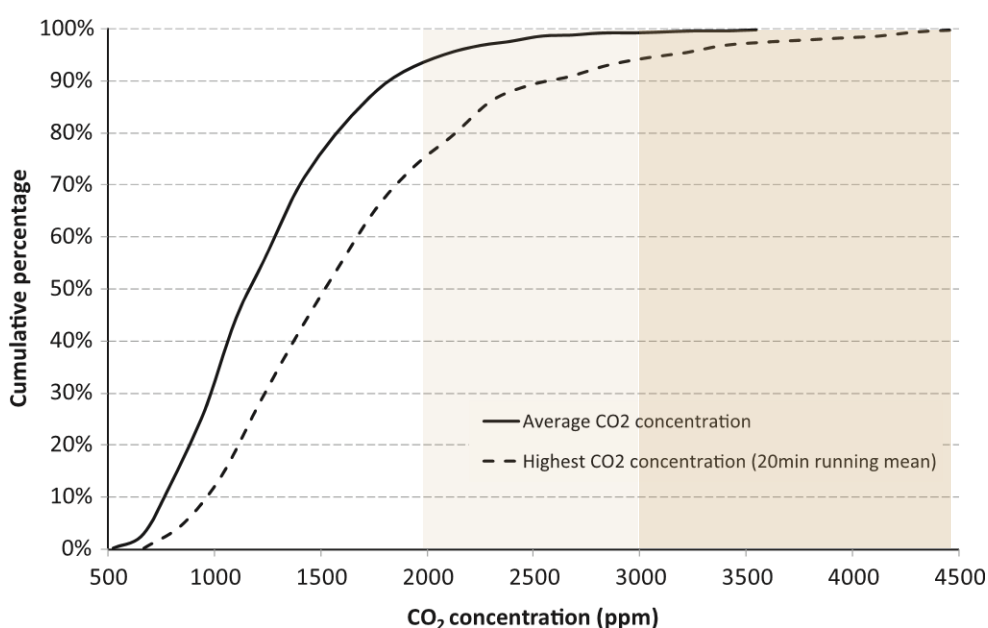
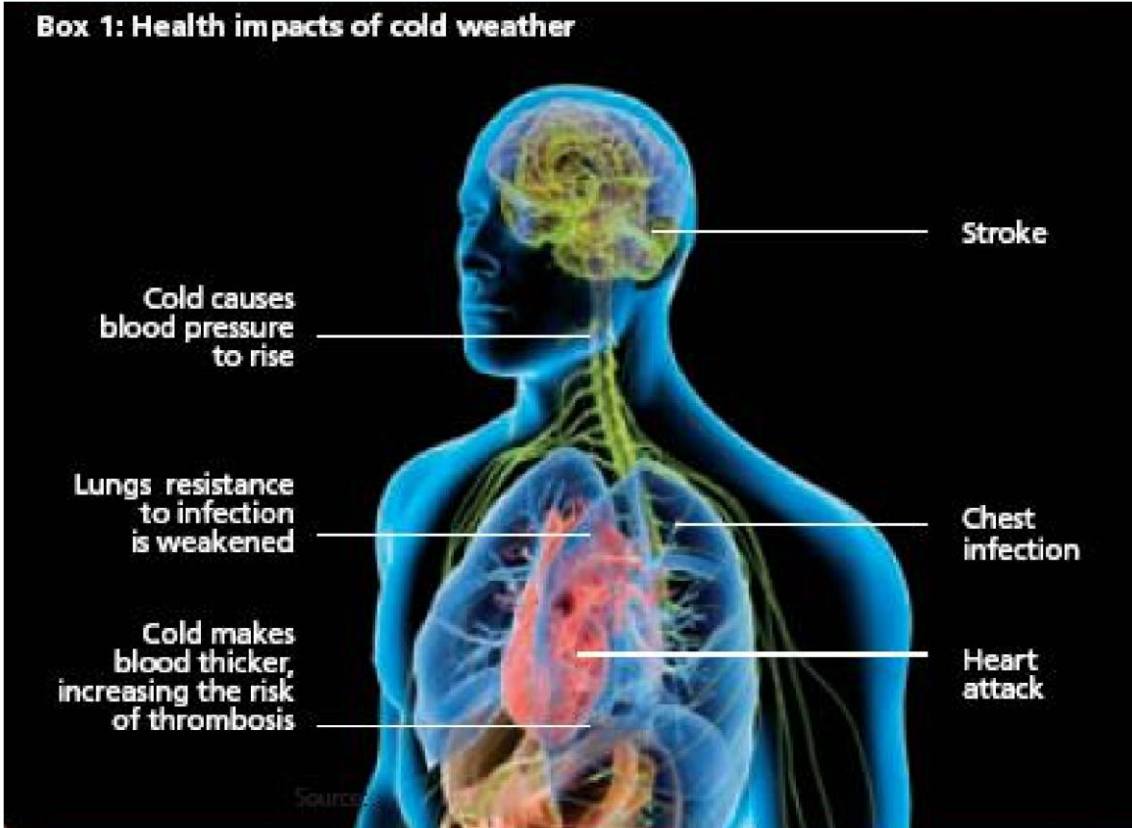


Fig.1.1.2 500 人の子供の寝室の平均 CO2 濃度の累積度数分布および 20 分間ごとの最高 CO2 濃度 (2010) [6]



Temperature	Effect
18°C (65°F)	Heating homes to at least 18°C (65F) in winter poses minimal risk to the health of a sedentary person, wearing suitable clothing. Additional flexibility around advice for vulnerable groups and healthy people is outlined in the main Cold Weather Plan document
Under 18°C	May increase blood pressure and risk of cardiovascular disease
Under 16°C	May diminish resistance to respiratory diseases
4-8°C	Mean outdoor temperature threshold at which increased risk of death observed at population level (see section 3)
5°C	Poses a high risk of hypothermia

Fig.1.1.3 英国保健省による健康に対する温度の影響 (2017) [7]  
Source: Ministry of Health 2009 Annual Report Chief Medical Officer

---

---

## 1.2. 睡眠に関する課題

睡眠の研究は、世界的にもまだ歴史が浅く、1930年にオーストラリアの神経科学者 Von Economo が、睡眠のコントロール中枢の存在を明らかにしたのが始まりと言われており [8]、それ以降多くの研究者によって科学的に解明されてきた。

厚生労働省の「国民健康・栄養調査」(2019年)によると、1日の平均睡眠時間は、40代と50代男女の約半数が「6時間未満」と回答した (Fig.1.2.1) [9]。睡眠時間が寝不足気味の「6時間未満」で、男女とも50歳代が最も高くなった。「睡眠で休養があまり取れていない」または「全く取れていない」と答えた人の割合は40歳代男女の31.4%が最も高く、続いて50歳代の27.6%、30歳代の24.3%となった。通勤時間や労働時間の長さなどを背景に、40代前後を中心に多くの人が睡眠不足に陥っている実態が浮き彫りになった (Fig.1.2.2) [10]。経済協力開発機構 (OECD) の統計 (Gender Data Portal 2019) によると、1日のうち睡眠に費やす平均時間は、米国528分、英国508分、フランス513分、スペイン516分、中国542分など500分を超える国が多かったのに対し、日本は442分と最も短かった [11]。睡眠不足は交通事故や業務上災害のリスクを高める可能性がある。このような睡眠不足による影響により、日本においては年間1.5~3兆円の経済的損失があると試算されている [12]。

東北大学は睡眠時間と死亡率および死因別死亡リスクとの関連について、日本人の一般住民を対象に、14年以上追跡した大規模コホート研究における検討を行った。その結果、睡眠時間と死亡率はU字型の関連を示し、最もリスクが低いのは睡眠時間7時間のカテゴリであった (Fig.1.2.3) [13]。死因別にみると、睡眠時間が4時間以下と短い人では、7時間の人にくらべ、男女とも非癌・非心血管疾患死亡のリスクが有意に高く、女性では冠動脈疾患の死亡リスクも有意に高かった。一方、睡眠時間が10時間以上と長い人では、男女とも脳卒中死亡、虚血性脳卒中死亡、心血管疾患死亡、非癌・非心血管疾患死亡リスクが有意に高くなっていった [13]。他方、40歳~70歳代の10万人の男女を約10年間追跡した、文部科学省主催のがんリスク評価のための日本共同コホート研究である JACC study (The Japan Collaborative Cohort Study for Evaluation of Cancer Risk sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology of Japan)によれば、睡眠時間が7時間台の男性および女性に対して9時間台 (死亡リスク1.27/1.54倍)、10時間超 (同1.67/2.03倍) の長時間睡眠は死亡リスクの高さと強く関連していた [14]。この結果か

ら、脳卒中死亡リスクを除く死亡リスクにおいて、身体機能や主観的健康度に関連なく、長時間の睡眠者で死亡リスクが上昇する傾向が示された (Fig.1.2.4)。

睡眠時間だけでなく、さらに睡眠と日中の活動性の影響についても多くの報告がみられた [15-18]。Schmid らによる研究 [19]では、15 人を対象に 8 時間睡眠と 4 時間睡眠で各 2 日間過ごして活動量などを比較したところ、8 時間睡眠と比べて 4 時間睡眠でだるさが強くなり、活動量はむしろ減少する結果となった (Fig.1.2.5)。日中の活動に悪い影響を与えないよう、十分な睡眠時間が必要といえる。

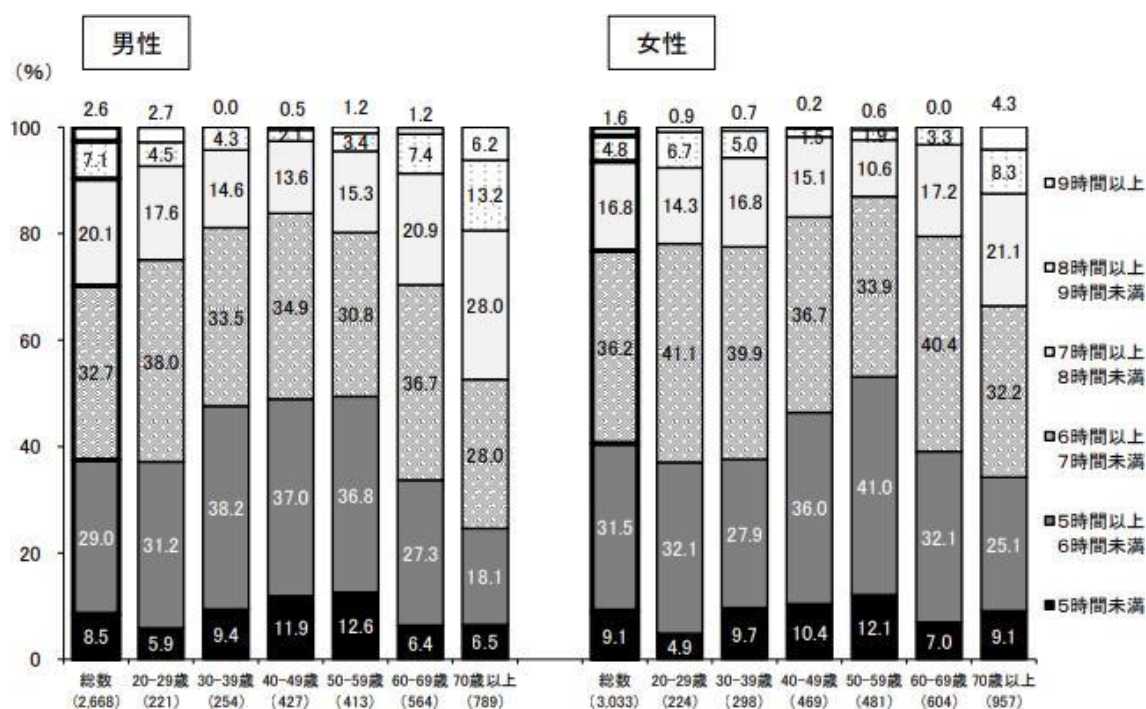
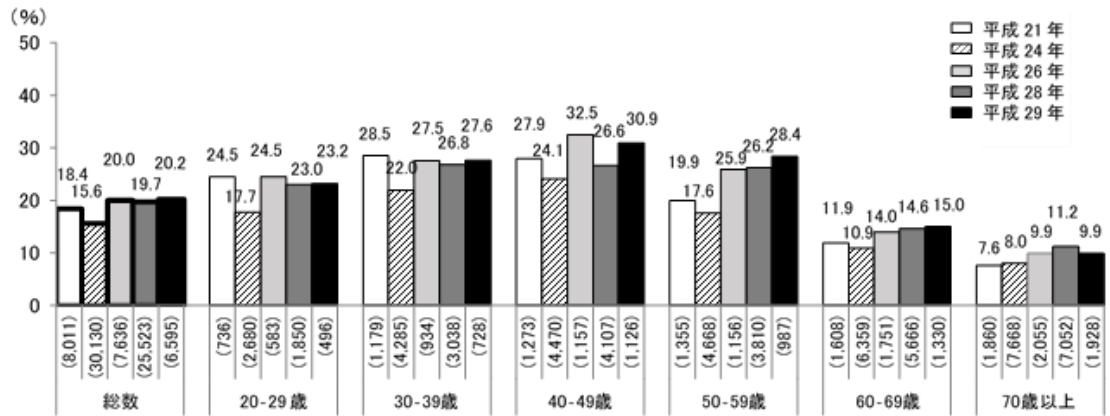


Fig.1.2.1 1日の平均睡眠時間の比較  
(20歳以上、男女計・年齢階級別) [9]

問:ここ1ヶ月間、あなたは睡眠で休養が充分とれていますか。



※「睡眠で休養が十分にとれていない者」とは、睡眠で休養が「あまりとれていない」又は「まったくとれていない」と回答した者。  
 ※年齢調整した、睡眠で休養が十分にとれていない者の割合(総数)は、平成 21 年で 19.4%、平成 24 年で 16.3%、平成 26 年で 21.7%、平成 28 年で 20.9%、平成 29 年で 21.9%であり、平成 21 年からの推移でみると、有意に増加している。

Fig.1.2.2 睡眠で休養が十分にとれていない者の割合の年次比較  
 (20 歳以上、男女計・年齢階級別) [10]

死亡リスク

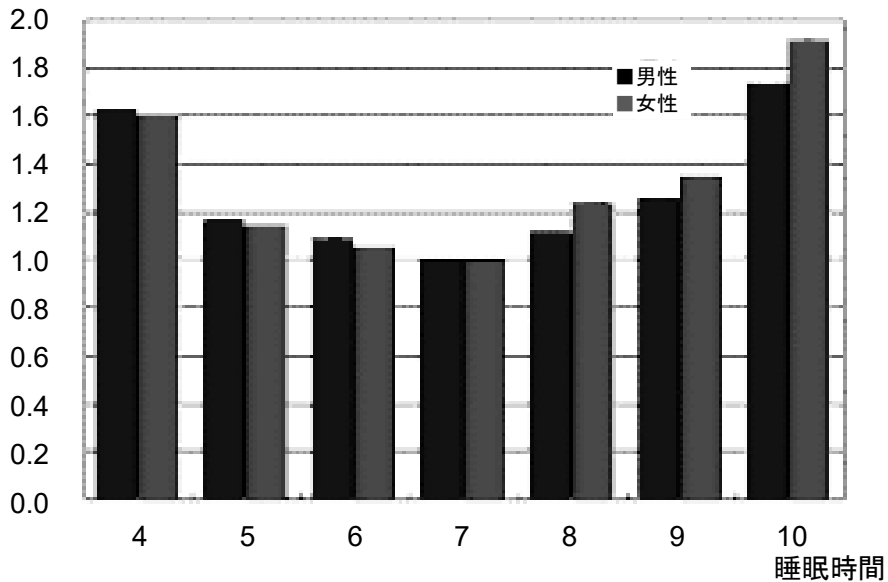


Fig.1.2.3 年齢を調整した睡眠時間の死亡リスク [13]

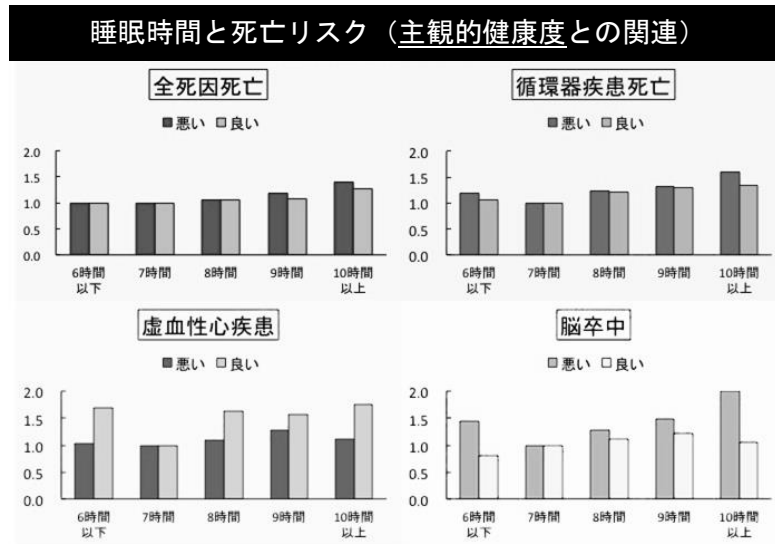
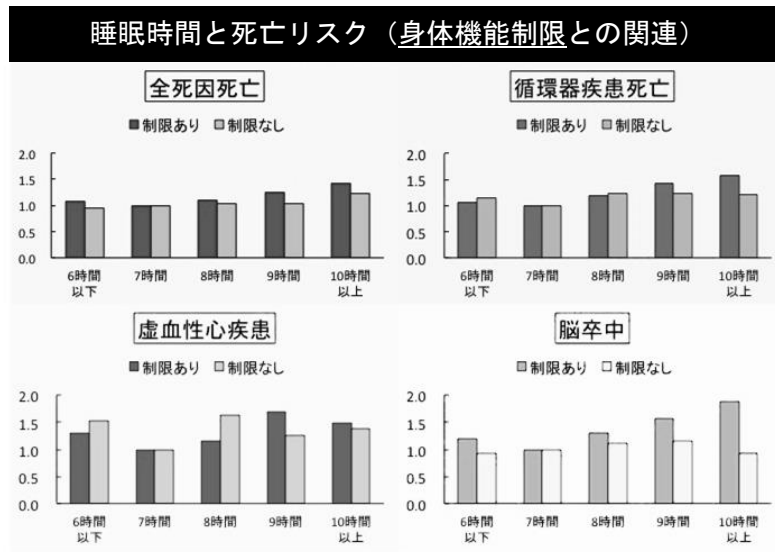


Fig.1.2.4 睡眠時間と全死因・死因別死亡リスク：大崎国保コホート研究 [14]

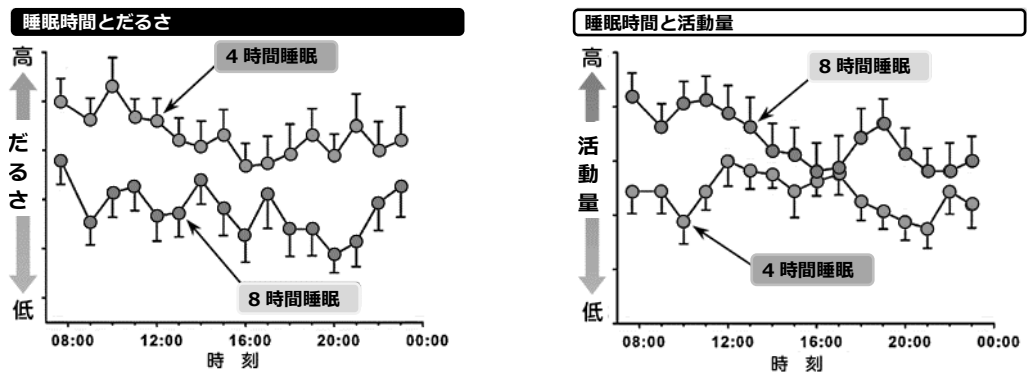


Fig.1.2.5 睡眠時間とだるさ・活動量との関係 [19]



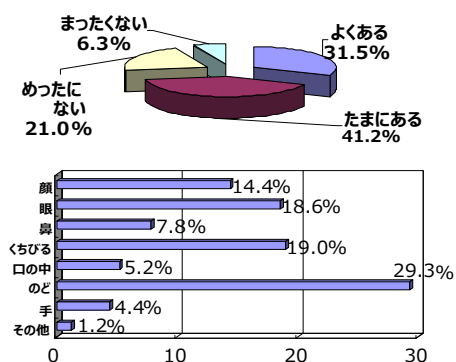
### 1.3. 睡眠時の皮膚に関する課題

睡眠時の室内環境において、我々は睡眠中、常に顔を曝している。就寝中は免疫細胞の活動が弱まるため、特に空気が乾燥する冬期は、鼻や喉の粘膜だけでなく皮膚を健康に保つことが重要視される。健康影響に関する室内環境要因には紫外線や喫煙の影響だけでなく皮膚の乾燥といったことが考えられる。住宅における低湿度環境は冬に発生しやすく、それは皮膚等の乾燥感と関係している [20]。また過度な乾燥状態がアトピー皮膚炎悪化の一因になると指摘される [21]。乾燥は居住者の健康に影響を及ぼすアレルギー疾患の要因になるため、睡眠時に対策することで健康維持につなげることが可能となる。

Fig.1.3.1 は 1000 名のオフィスワーカーを対象にした室内の乾燥に関するアンケート調査の結果である。オフィスや住宅の室内が乾燥することにより半数以上の人が不快感を経験していた。また、喉や目だけでなく、顔にも乾燥を感じるという結果が明らかとなった [22]。

性別	男性：66%		女性：34%	
年齢	20 歳代：18.1%	30 歳代：33.4%	40 歳代：28.2%	50 歳代：20.3%
勤め先	関東圏：50%		関西圏：50%	

■ オフィスや室内で仕事をしているときに、空気が乾燥しすぎて不快に感じることはあるか



■ オフィスの中で仕事をしているときに、空気が乾燥しすぎて不快に感じるのはどの季節か

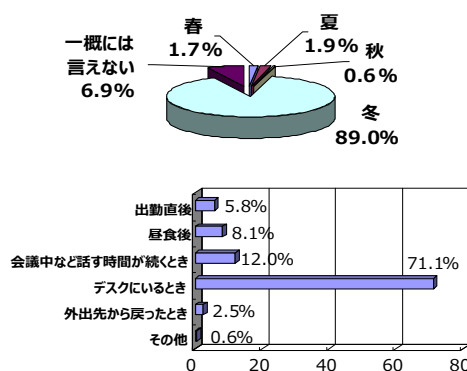


Fig.1.3.1 オフィスワーカーに対する「乾燥感」の実態調査 (n=1000) [22]



---

---

## 参考文献

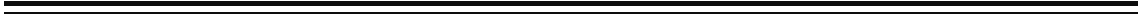
- [1] 岡部英男: 健康長寿と睡眠について, 予防医学, 60(1), pp.51-56. (2019)
- [2] 日本抗加齢医学会, <http://www.anti-aging.gr.jp/> (2016/11/30)
- [3] 厚生労働省, e-ヘルスネット, WHO 世界保健機関憲章,  
<https://www.ehealthnet.mhlw.go.jp/information/dictionary/alcohol/ya-031.html>  
(2020/9/20)
- [4] 内閣府, 令和 2 年版高齢社会白書,  
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/gaiyou/pdf/1s2s.pdf>, (2020/9/20)
- [5] 厚生労働省, 健康 21 (2012)
- [6] G Bekö, T Lund, F Nors, J Toftum, G Clausen: Ventilation rates in the bedrooms of 500 Danish children, *Building and Environment*, Apr,45(10), pp.2289-2295. (2010)
- [7] Public Health England, Cold Weather Plan Making the Case, PIRU Final Report (2017)
- [8] 作田学: エコノモ「嗜眠性脳炎 – その後遺症と治療」, *BRAIN and NERVE – 神経研究の進歩*, 65(3), pp.312-313. (1929)
- [9] 厚生労働省, 2018 年国民健康・栄養調査 (2018)
- [10] 2015 年 NHK 国民生活時間調査 (2015)
- [11] 経済協力開発機構 (OECD) 統計, Gender Data Portal 2019 (2019)
- [12] 健康かながわ: 働く人の健康と睡眠, 神奈川県予防医学協会, Mar,576, (2016)
- [13] Ikehara, S., Iso, H., Date, C., Kikuchi, S., Watanabe, Y., Wada, Y., Inaba, Y., Tamakoshi, A., and the JACC Study Group: Association of Sleep Duration with Mortality from Cardiovascular Disease and Other Causes for Japanese Men and Women: the JACC Study. *Sleep*. Mar,32(3), pp.295-301. (2009)
- [14] Masako Kakizaki, Shinichi Kuriyama, Naoki Nakaya, Toshimasa Sone, Masato Nagai, Yumi Sugawara, Atsushi Hozawa, Shin Fukudo, Ichiro Tsuji: Long sleep duration and cause-specific mortality according to physical function and self-rated health: the Ohsaki Cohort Study., *JSR*, Sep,22(2), pp.209-216. (2012)
- [15] 土井由利子: 日本における睡眠障害の頻度と健康影響, 特集: 睡眠と健康 国内外の最新の動向 –エビデンスからアクションへ–, *保健医療科学*, 61(1), pp.3-10. (2012)

- 
- 
- [16] Anderson KN, Hatfield C, Kipps C, Hastings M, Hodges JR.: Disrupted sleep and circadian patterns in frontotemporal dementia. *Eur J Neurol*, 16(3), pp.317-323. (2009)
- [17] Prather AA, Janicki-Deverts D, Hall MH, Cohen S.: Behaviorally Assessed Sleep and Susceptibility to the Common Cold. *Sleep*, 38(9), pp.1353-1359. (2015)
- [18] Cappuccio FP, D'Elia L, Strazzullo P, Miller MA.: Sleep duration and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep*, 33(5), pp.585-592. (2010)
- [19] Sebastian M Schmid, Manfred Hallschmid, Kamila Jauch-Chara, Britta Wilms, Christian Benedict, Hendrik Lehnert, Jan Born, Bernd Schultes: Short-term sleep loss decreases physical activity under free-living conditions but does not increase food intake under time-deprived laboratory conditions in healthy men, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Dec,90(6), pp.1456-1482. (2009)
- [20] Reinikainen LM, Jaakkola JJK.: Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms. *Indoor Air*, 3(4), pp.344-352. (2003)
- [21] Sato M, Fukayo S, Yano E. Adverse environmental health effects of ultra-low relative humidity indoor air. *Journal of Occupation Health*, 45(2), pp.133-136. (2003)
- [22] 高田暁: 乾燥感と室内温熱環境条件に関する基礎的研究, 日本建築学会環境系論文集, 第78巻, 第693号, pp.835-840. (2013)

---

---

第 2 章  
本研究の動機・目的  
および睡眠の概念



---

---

## 第2章 本研究の動機・目的および概念

### 2.1 本研究の動機

睡眠は生活を営む上で必要不可欠であり、健康の維持また増進に欠かせないものである。現代社会において、睡眠不足や夜型生活での睡眠習慣、不眠症や睡眠時無呼吸症候群などの睡眠障害を多くの人々が抱えている現状がある。また、日本人の睡眠時間は過去 20 年間にわたり減少を続けている [1]。平日の 40~50 代の睡眠時間は 6 時間未満と最も短く [2]、さまざまな調査において、この世代の睡眠時間が最も短いという結果が一致している。睡眠障害や睡眠不足が続くと、生活習慣病や動脈硬化、糖尿病などの発症リスクが高まる。大規模なコホート研究を行っている JACC Study 等のプロジェクトによる既往研究により、短時間睡眠が、肥満 [3]、糖尿病やホルモンの異常 [4]、心筋梗塞等の心疾患や動脈硬化 [5]、高血圧 [6-8]、脳卒中等の脳血管障害 [9] の発症に関して強いリスクとなることや、死亡率の上昇 [10,11] と関係することが明らかになっている。また、肥満でも死亡率と同様の U 字型の関連を示すことが知られており、睡眠時間の短い人ではこれらの発症リスクが高いことが国内外の研究により明らかとなっている。不眠がこれらの生活習慣病を増悪させるのは、不眠により交感神経が活性化して血圧が上昇したり、食欲を増進させるホルモンの増加と食欲を低下させるホルモンの減少が起こって、肥満、糖尿病のリスクが高まったりするためと考えられている (Fig.2.2.1) [12]。

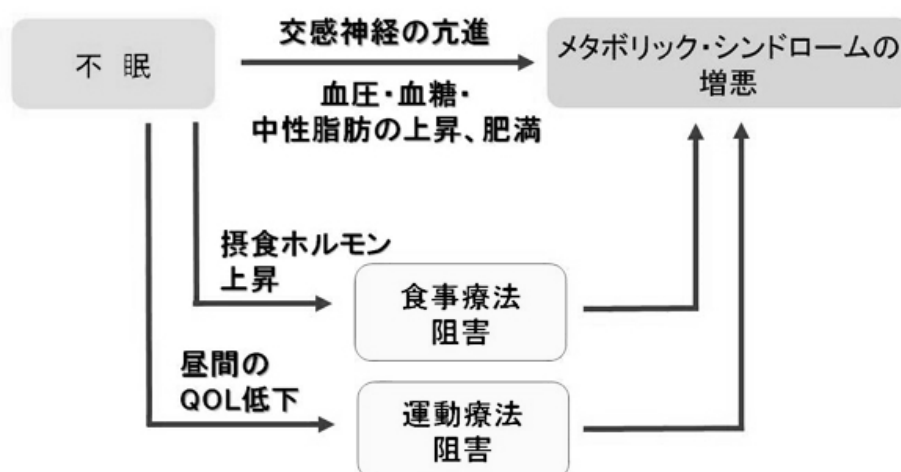


Fig.2.2.1 不眠が生活習慣病を増悪させるメカニズム [12]

---

---

## 2.2 本研究の目的

我が国は世界でも類を見ない速さで平均寿命の延長をとげ、超高齢社会を迎えた。平均寿命が延長されるということは、それだけ加齢現象を長年持ち続けることになる。つまり健康寿命を全うすべく健全な生活を営むために、まずは睡眠と覚醒のバランスをとり、生活の安定を生み出すことがより豊かな人生であるといえる。しかし、加齢によりサーカディアンリズムやホルモンの生体機能の変化が起こると、浅睡眠や中途覚醒など睡眠障害をきたす。慢性的な睡眠障害はノンレム睡眠から得られる成長ホルモンの分泌や免疫機能を抑制させ、生活習慣病の悪化や癌の発生率を高める [5]。さらにはレム睡眠が阻害されることによりうつ病や認知症の発生に繋がる [13]。

睡眠障害は、生活習慣や食事、運動、環境などが影響するため、睡眠改善には日常生活環境を整えることが重要である。最近ではコロナ禍の影響もあり、日中自宅で過ごすことによる活動量低下や昼寝の増加なども睡眠に影響する可能性が考えられる。このように睡眠に影響する要因として、ライフスタイルの変化も考えられる。

近年、睡眠の質を向上させることは認知症予防につながり、肉体的にも健康寿命に影響する [13] ことが明らかとなっているが、実験研究では、一貫性のある結果が示されていない。実験対象が健康な若年成人や女性である場合、元々の睡眠の質が良く睡眠の質が改善される余地が少ないという天井効果 (Ceiling effect) のために、本来の効果が検出しにくいという問題が指摘されている [14]。

建築の分野において、睡眠に関する温熱環境や気流環境の影響を比較した実験が多く行われているが、室内環境条件により睡眠の質が悪化するといった報告や、睡眠の質は悪化しないといった報告もあり、一貫性のある結果が示されていない。環境と人間との関係を捉えようとする研究では、ある特定の限られた範囲の最適な物理値が一意に定まるという仮定がされてきた [15]。しかし寝室の場合は、居住者の着衣量、寝具、心理状態などの様々な要因や個体差、空調の好みなどがあり、物理的環境条件と快適性が結びつかないことも考えられる。

相対湿度において、理想的な範囲についての統一した見解は得られていない。70%以上の高い相対湿度であると高温条件下では不快な環境となり、結露等の発生などにより健康上の問題が生じることもありうる。20%以下の非常に低い相対湿度では、人によっては粘膜や皮膚が乾燥したり、皮膚炎が生じたりする [16]。同様に湿度が睡眠に及ぼす影響についての報告は一貫性が乏しく、その影響については明らかにされていない。とくに睡眠時

---

---

の皮膚と室内環境との関連性については十分な検討がなされておらず、検証する意義は極めて大きいと考える。

睡眠が阻害される要因として、心理的・生理的・社会的要因や室内温熱環境による物理的な要因がある。室内環境が睡眠に及ぼす影響は、年齢、性別、健康状態、寝床、季節や天候など、数多くの他の要因との組み合わせを検討していかなければ明らかにできない。本研究の目的は、寝室の室内環境が睡眠と皮膚に与える影響を調査し、解析することでその因果関係を探るものである。また睡眠の質向上に向けた居住環境や空調制御の手法を検討する。

本研究では、このような大きな枠組みの一部として加湿環境や空調制御などの条件を変えた3つの実験を行い、室内環境が居住者の睡眠や皮膚に及ぼす影響について検討した。

## 2.3 本研究の枠組みと構成

### 2.3.1 研究の枠組み

本研究は、若年者と中年者の睡眠に影響を及ぼす室内環境要因を分析し、睡眠の質向上に向けた居住環境や空調制御の手法を検討することを目的としている。

若年者と中年者の睡眠状況を探るために、個人の属性情報や生活状況をアンケートで把握する。さらに睡眠に関する主観的調査として、OSA 睡眠調査 MA 版 (OSA Sleep Inventory MA Version)、ピッツバーグ睡眠調査 (PSQI) 及び睡眠健康調査 (SHRI) を行う。睡眠に影響を及ぼすものとして、快適感、睡眠満足度、疲労感の調査を行う。また睡眠状況をより正確に把握するためにマット型睡眠計 (スリープスキャン SL-501, SL-503, 株式会社タニタ) または脳波計 (スリープスコープ, スリープウェル株式会社) の装着を行い、睡眠状況の客観的データとして捉える。本論文は寝室の室内環境が睡眠と皮膚に与える影響を調査し、解析することでその因果関係を探るものである。

---

---

### 2.3.2 研究の構成

室内環境が睡眠に及ぼす影響は、年齢、性別、健康状態、寝床、季節や天候など、数多くの他の要因との組み合わせを検討していかなければ明らかにできない。本論文ではこのような大きな枠組みの一部として3つの実験を行い、検討した。

第1に、夏期と冬期の居住環境が睡眠に及ぼす影響について検討した。実住宅における中年者の睡眠に関する現状を把握し、中年者の睡眠や基本情報及び生活背景について明らかにしている。とくに本研究では、眠時の中年男女の頭部周囲にパーソナル加湿機を使用し、加湿をした場合の睡眠の質への影響と皮膚水分率、皮膚表面の肌理（キメ）について分析を行った。ここでは皮膚表面の肌理（キメ）画像解析を評価対象にした。第2に、全館空調住宅に居住する中年者の睡眠に及ぼす影響について検討した。空気循環型全館空調換気システムの熱的快適性に着目し、寝室環境、睡眠、皮膚水分量および血圧を調査した。さらに個別空調住宅の居住者と比較を行っている。また冬期はパーソナル加湿機を使用しているときの寝室環境と睡眠とを比較検討している。第3に、居室と空調方式の違いが若年者の夏期の睡眠に及ぼす影響について検討した。終夜冷房を使用した場合、体調不良などの悪影響が懸念されるため、快眠に起因する温熱環境を調査し、快適な睡眠環境を構築することを目指す。急速な温度変化のない全熱交換型換気システムによる全館空調の制御法を比較し、睡眠にどのような影響を与えるか調査を行った。睡眠状態に応じて、空調機器を調整する技術確立が必須であり、睡眠状態を簡易的に推定するセンシング技術が求められていることから、既存センシングと睡眠状態との相関性を明らかにする。

全体構成として、第1章で背景となった日本における睡眠の現状に触れ、睡眠に関する問題点を探る。第2章では、研究の動機と目的、枠組みと構成及び意義について述べる。第3章では睡眠に関する既往研究を取り上げ、睡眠のしくみや原因、疾病の危険性を明らかにし、室内温熱環境による睡眠に関する研究の方向性を検討する。第4章では夏期と冬期の居住環境が中年者の睡眠と睡眠に与える要因について述べ、都近郊の中年者の睡眠状況や睡眠環境、睡眠時に加湿機を使用した状態での人体、とくに皮膚の肌理への効果について報告する。第5章では全館空調住宅による睡眠と睡眠に与える要因について述べ、空調方式の違いだけではなく、断熱性能の異なる住宅に居住する中年者の睡眠について報告する。第6章では夏期に実験住宅の2室を使用して、居室と空調方式の違いが若年者の睡眠にどのような影響を及ぼすか脳波計を用いて調査し、空調制御の必要性を検討した結果



---

---

について報告する。第 7 章では本研究の今後の展望について述べ、第 8 章では最終結論を提示する。

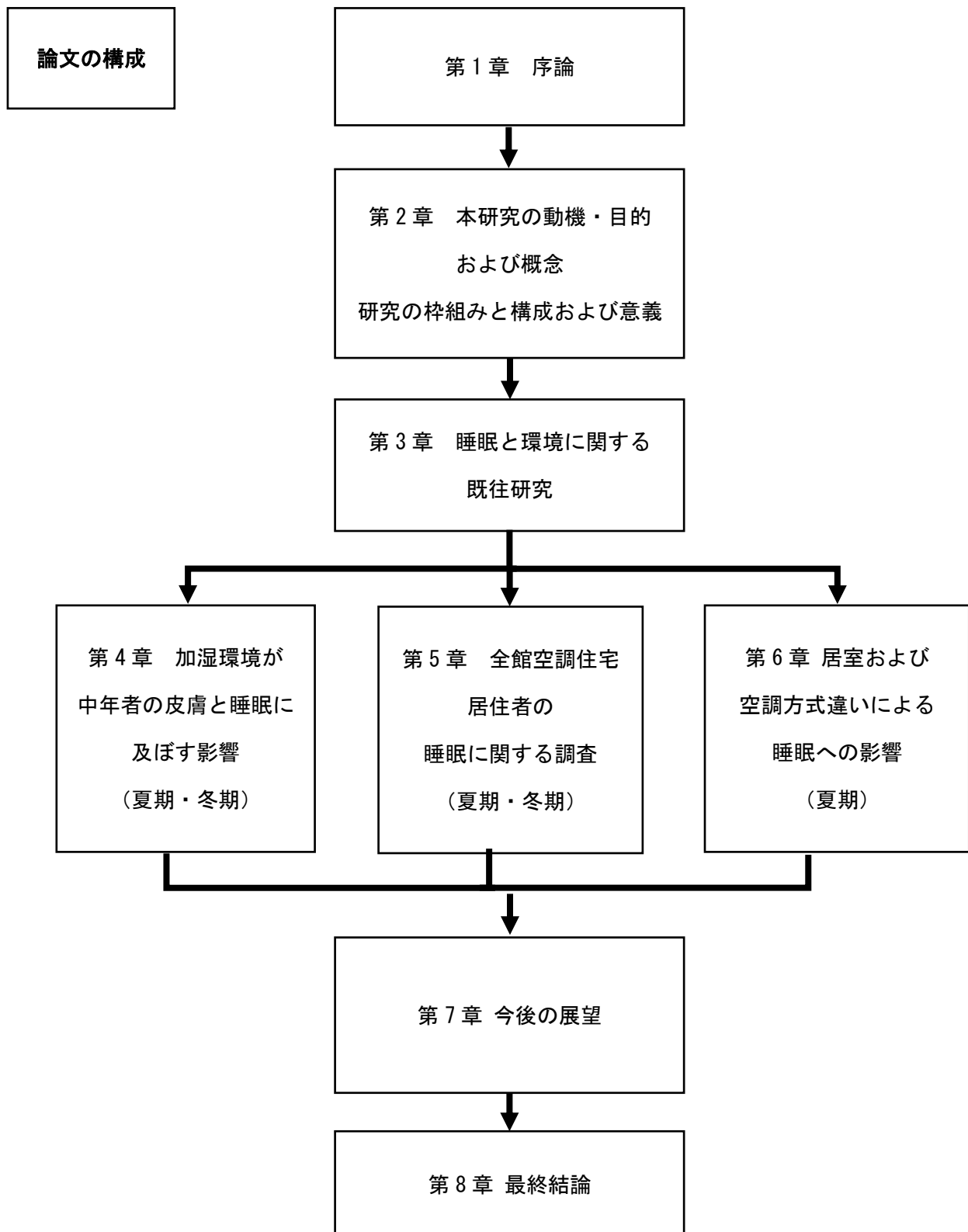


Fig.2.2.2 研究フロー

---

---

## 2.4 本研究の意義

### 2.4.1 期待される成果

本研究の対象者である若年者と中年者は、学業または職業に就いており、日常ストレスを伴う状況が考えられるため、睡眠満足度の低下が推測される。また、室内環境の問題や生活設計など様々な要因が絡み、睡眠障害を起こしやすい可能性も考えられる。睡眠障害は、日中の覚醒状況に影響を及ぼし生活活動力を低下させ、健康状況を悪化させる。このことから、本研究は、睡眠の質向上を得られるために必要な物理的温熱環境要素の検討を行うものである。睡眠環境を把握し、若年者と中年者の睡眠を明らかにすることで、効果のある睡眠の特性を理解する。また睡眠はどのような要因から影響を受けており、さらにその睡眠がどのように人体に影響を及ぼすかを明らかにする。このことから居住環境が抱えている要因と、様々な要因が明らかになる。

さらに、睡眠と居住環境との関係性を把握し、睡眠の質向上を得るための空調制御手法を検討し介入することで、睡眠に関する知識を得て、室内環境を振り返る機会となる。睡眠に関する知識を得ることは、睡眠の重要性を理解するのに役立つだけでなく、睡眠の問題点を認識し、室内環境と睡眠のあり方を考える動機づけとなる。自己の生活状況を踏まえ、生活リズムを整えて1日を送ることは、サーカディアンリズムを改善することになり、睡眠の質を向上させることができる。これらは心身のストレスの解消となり、生活の活性化に繋がる。睡眠の質を高めることによって、室内環境を向上させる機会となり、さらには技術の向上にも反映することが期待できる。

---

---

## 2.4.2 学術的意義と社会的意義

### 学術的意義

本研究は、我が国の課題でもある超高齢社会に伴う現状にも焦点を当てている。高齢者の睡眠に関する研究は多々あるものの、中年者を対象とした睡眠研究は非常に数少ない。さらに中年者に対する睡眠の質向上に向けたプログラムは皆無であった。

本研究によって、中年者の睡眠状況を明らかにすることは、予防医学分野においても有効である。さらに中年者の睡眠に及ぼす様々な環境要因を解明することは、若年者の睡眠障害を改善するための判定機能の強化に繋がる。その一つとして、空調制御による睡眠環境の改善は、より効果的なプログラムを検討することによって、どのように健康維持に影響するかが実証できる。そのため、睡眠環境について、新たな知見を得ることは、建築学の側面から健康を維持する考えるためには必要な研究であり、建築環境工学分野に貢献できると考えている。

エビデンスを考慮した睡眠手法は、日常生活に活力を与えるものである。将来において生活の質を向上させるという意味においても研究価値を持つといえる。

### 社会的意義

我が国の超高齢化は今後も増加し続ける。今までは超高齢社会に伴い高齢者が増える現状に対し、原因、症状、生活支援や対処方法に焦点が当てられていたものの、増え続ける医療費の問題が浮上し、医療費増加に拍車をかけた。本研究対象者は、加齢を基盤とした状態になるまでの予防が可能である。睡眠障害によって健康破綻をきたし、生活の質低下に伴い社会生活が狭小化することから、睡眠障害の改善は社会的意義がある [17]といえる。

慢性の睡眠障害を持つことは、日中の眠気や集中力の低下、転倒、疲労感などの出現により日常生活、社会活動の低下に繋がる。睡眠不足は交通事故や業務上災害のリスクを高める可能性がある。このような睡眠不足による影響により、日本においては年間 1.5～3 兆円の経済的損失があると試算されている [18]。

睡眠障害を改善することは、心身の回復だけではなく、世代間との交流を持ち、社会の中に生きる一人として、社会的役割や社会的参加の再生に繋がる。こうした生活の再生は、将来高齢者になった時の生活の質が向上し、満足度や健康感にも影響していく。睡眠環境の向上は、自らの睡眠に対する関心を持ち、睡眠環境の重要性を認識することで、自己の

健康管理に多大な影響を及ぼすものであり、本研究は経済的な側面においても社会に貢献できるものとする。

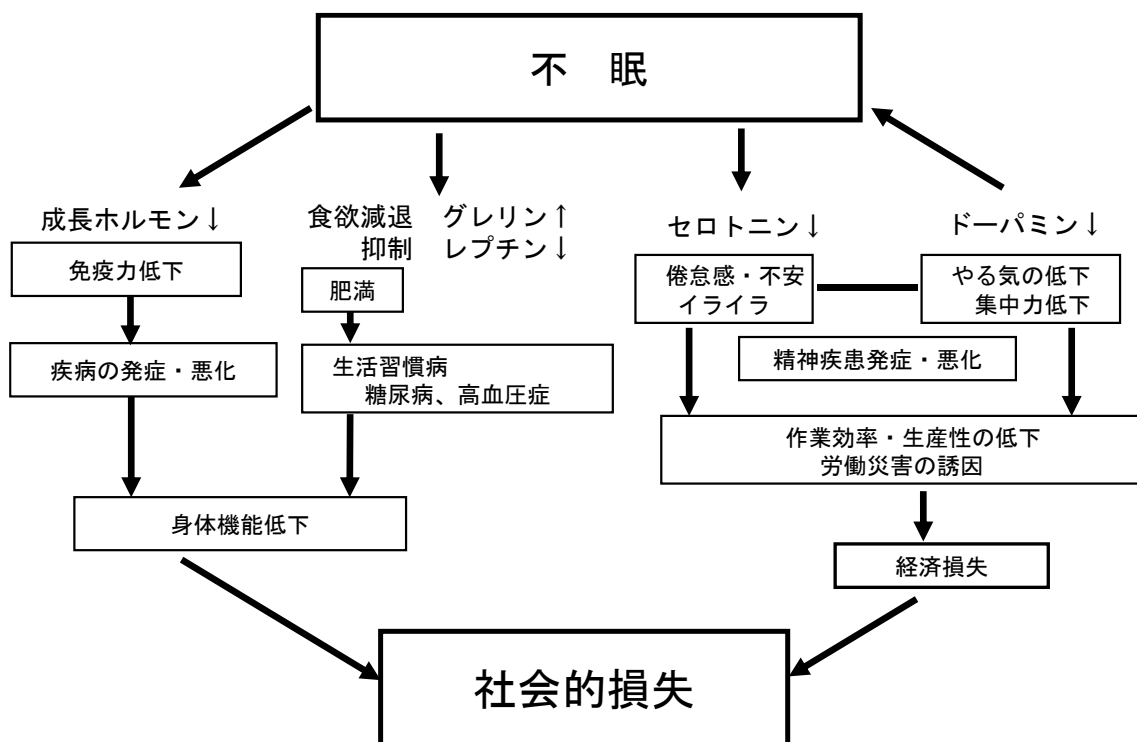


Fig.1.2.2.2 睡眠障害に関する要因

---

---

## 2.5 本研究における用語の定義

本研究で使用している用語の定義を示す。とくに、本研究において定義する睡眠の質とは、主観的な個人の満足感を示すものである。つまり睡眠にとっては個人の主観が最も重要であり、生理量はそのための裏付けとなる。

中年者：本研究では 35 歳～58 歳の男性と女性を指す。

若年者：本研究では大学生であり、20 台前半の男性と女性を指す。

睡眠：夜間にまとまってとる睡眠。睡眠はノンレム睡眠とレム睡眠の 2 つから成る。

ノンレム睡眠は浅い睡眠から深い睡眠まで 4 段階に分かれる。

睡眠時間：入眠から起床までの合計時間（中途覚醒も含む）。

入眠潜時：覚醒状態から眠りに入るまでの所要時間。

中途覚醒割合：睡眠時間中に占める覚醒時間の割合。

レム睡眠割合：睡眠時間中に占めるレム睡眠時間の割合。

浅睡眠割合：睡眠時間中に占める浅睡眠時間の割合。

深睡眠割合：睡眠時間中に占める深睡眠時間の割合。

EEG: electroencephalogram (脳波)：脳内の電気活動の記録。頭皮（頭部の最も外側を包む皮膚）に電極をつけて、インパルスを特殊な機械に送ることにより記録される。脳障害および睡眠障害の診断に用いられる。

electroencephalography (脳波記録)：「脳波」と簡略化して呼ばれることが多い。

脳波を測定、記録する装置を脳波計(Electroencephalograph：EEG)と呼び、それを用いた脳波検査(electroencephalography：EEG)は、医療での臨床検査として、また他領域での研究方法として用いられる。

SBP: systolic blood pressure (収縮期血圧)：心臓が収縮する時期に示す血圧。

使用した尺度

### 1) OSA 睡眠調査 MA 版 (OSA Sleep Inventory MA Version: OSA)

OSA-MA は 1985 年に小倉、阿住、白川らが睡眠感評定のために、尺度開発したものであり、作成者の頭文字を取り OSA と名付けられた。これらの調査は「睡眠前調査」21 項目、「起床時調査」31 項目で 5 因子を抽出したものであったが、時間を要するために 1999 年に、新たに中高年を対象とした起床時の睡眠感と関連の深い 5 因子、6 項目から構成される調査用紙を作成し、変動する睡眠感を統計的に尺度化したもの [19]で、起床時の主観的な睡眠状況を評価することができる。調査票は、第 1

---

---

因子:起床時眠気、第 2 因子:入眠と睡眠維持、第 3 因子:夢み、第 4 因子:疲労回復、第 5 因子:睡眠時間で構成されている。質問項目は「非常にそうである」「ややそうである」「ややそうでない」「非常にそうでない」の 4 件法 (0~3 点) で、得点は睡眠内省得点変換用 MS-Excel シートで計算され、母集団の標準化得点の平均が 5 因子とも 50 点に変換される。睡眠障害の有無の判定は 5 因子の総合平均点が 50 点を基準とし、50 点未満は睡眠障害と判定される。本研究においては、さらに 5 因子中の 3 因子の平均点が 50 点未満であることも睡眠障害の条件とした。

#### 2) 睡眠健康調査票 (Sleep Health Risk Index: SHRI)

中高年者の睡眠改善や高齢者の不眠予防を目的として、睡眠健康の評価尺度と睡眠習慣の調査用に睡眠健康調査票が開発され標準化されている。日常生活下における総合的な睡眠健康を評価する質問票で、睡眠維持障害関連、睡眠随伴症状関連、睡眠時無呼吸関連、起床困難関連、入眠障害関連の 5 因子 14 項目で構成される簡易版 [20] を用いた。得点は標準値に換算し点数が高いほど睡眠健康が悪化していることを示す。

#### 3) ピッツバーグ睡眠質問票 (Pittsburg Sleep Quality Index: PSQI)

最近 1 か月間の睡眠の質に関する質問票で、主な睡眠障害のスクリーニングに有効である。本調査では、土井らが開発した日本語版を用いた [21]。得点範囲は 0~21 点、得点が高いほど睡眠が障害されていると判定する。

#### 4) 温熱快適感尺度

環境については温冷感(快適感・許容度)、湿度感(快適感・許容度)、気流感(快適感・許容度)、冷え、乾燥感、疲労度、環境全体の許容度について、温冷感(-4 非常に寒い~+4 非常に暑い)、温冷快適感(-3 かなり不快~+3 とても快適)、気流感(-2 ほとんど感じない~+2 強く感じる)、気流快適感(-3 かなり不快~+3 かなり快適)、乾燥感(1 なし,2 あり)、冷え(1 なし,2 あり)、環境全体の受容度(-1 受け入れられない~+1 受け入れられる)を調査した。毎日、就寝前後に申告する。

---

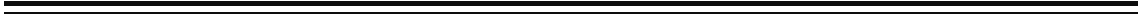
---

## 参考文献

- [1] 内閣府, 令和元年版高齢社会白書 (2019)
- [2] 国立社会保障・人口問題研究所 2019 年度版, [www.ipss.go.jp](http://www.ipss.go.jp), (2019/7/30).
- [3] Kobayashi, D., et al.: Association between weight gain, obesity, and sleep duration: a large-scale 3-year cohort study. *Sleep Breath*, 16(3), pp.829-833. (2012)
- [4] Kita, T., et al.: Short sleep duration and poor sleep quality increase the risk of diabetes in Japanese workers with no family history of diabetes. *Diabetes Care*, 35(2), pp.313-318. (2012)
- [5] Nakazaki, C., et al.: Association of insomnia and short sleep duration with atherosclerosis risk in the elderly. *Am J Hypertens*, 25(11), pp.1149-1155. (2012)
- [6] Faraut, B., et al.: Short sleep duration and increased risk of hypertension: a primary care medicine investigation. *J Hypertens*, 30(7), pp.1354-1363. (2012)
- [7] Fernandez-Mendoza, J., et al.: Insomnia with objective short sleep duration and incident hypertension: the Penn State Cohort. *Hypertension*, 60(4), pp.929-935. (2012)
- [8] Wang, Q., et al.: Short sleep duration is associated with hypertension risk among adults: a systematic review and meta-analysis. *Hypertens Res*, 35(10), pp.1012-1018. (2012)
- [9] Eguchi, K., et al.: Short sleep duration is an independent predictor of stroke events in elderly hypertensive patients. *J Am Soc Hypertens*, 4(5), pp.255-262. (2010)
- [10] Castro-Costa, E., et al.: Association between sleep duration and all-cause mortality in old age: 9-year follow-up of the Bambui Cohort Study, Brazil. *J Sleep Res*, 20(2), pp.303-310. (2011)
- [11] Cappuccio, F.P., et al.: Sleep duration and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep*, 33(5), pp.585-592. (2010)
- [12] 駒田 陽子, 井上 雄一: 睡眠障害の社会生活に及ぼす影響, *心身医学*, 47 (9) , pp. 785-791. (2007)
- [13] Mander BA, Marks SM, Vogel JW, Rao V, Lu B, Saletin JM, Ancoli-Israel S, Jagust WJ, Walker MP:  $\beta$ -amyloid disrupts human NREM slow waves and related hippocampus-dependent memory consolidation. *Nat Neurosci*, 18(7), pp.1051-1057. (2015)



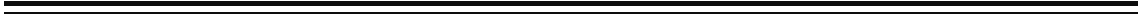
- 
- 
- [14] Youngstedt, S. D.: Ceiling and floor effects in sleep research., *Sleep Med. Rev.*, 7(4), pp.351-365. (2003)
- [15] 中村 泰人, 岡村 圭子: 各種の実態調査にみられる至適温度の季節順化に関する生起分析, *日本建築学会計画系論文集*, 62(495), pp.85-91.(1997)
- [16] Mehrabian, A.: *Public places and private spaces: The psychology of work, play and living environments*, New York: Basic Books Inc., (1980)
- [17] 福原 俊一ほか: 日本語版 the Epworth Sleepiness Scale (JESS):これまで使用されていた多くの「日本語版」との主な差異と改訂, *日本呼吸器学会誌*, 44(11), pp.896-898. (2006)
- [18] 健康かながわ: 働く人の健康と睡眠, *神奈川県予防医学協会*, Mar, 576, (2016)
- [19] 山本由華吏, 田中秀樹, 高瀬美紀, 山崎勝男, 阿住一雄, 白川修一郎: 中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠調査票(MA 版)の開発と標準化, *脳と精神の医学*, 10, pp.401-409. (1999)
- [20] Tanaka, H., Shirakawa, S.: Sleep health, lifestyle and mental health in the Japanese: elderly ensuring sleep to promote a healthy brain and mind. *J Psychosomatic Research*, 56(5), pp.465-477. (2004)
- [21] Doi, Y., Minowa, M., Uchiyama, M., Okawa, M., Kim, K., Shibui, K., Kamei, Y.: Psychometric assessment of subjective sleep quality using the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J) in psychiatric disordered and control subjects. *Psychiatry Res*, 97(2-3), pp.165-172. (2000)



---

---

第 3 章  
睡眠および  
睡眠環境に関する  
既往研究



---

---

## 第3章 睡眠および睡眠環境に関する既往研究

### 3.1 睡眠のメカニズム

#### 3.1.1 ノンレム睡眠とレム睡眠

睡眠は脳の休息状態である。人間は地球上で最も脳が発達した生物であるため、中枢神経の成長、発達、維持など睡眠が重要な役割を担っている。睡眠はポリグラフ評価によるノンレム (Non rapid eye movement) 睡眠と、急速眼球運動が特徴であるレム睡眠 (Rapid eye movement) の2種類があり、それらは脳波によって異なっている。また、ノンレム睡眠は4つのステージに分けられる。ノンレム覚醒時に見られる脳波は $\alpha$ 波と低振幅の周波数の高い $\beta$ 波であるが、ノンレム睡眠の第1ステージである入眠直後は、覚醒時と同様の $\beta$ 波が現れ、第2ステージへと睡眠が深くなるにつれ睡眠紡錘波やK複合波が増し、第3ステージに入ると $\delta$ 波に移行し、第4ステージは $\delta$ 波のみとなり深睡眠期が保たれる。ノンレム睡眠の第3、第4ステージは深い睡眠を示し高振幅 $\delta$ 波が多く出現するため、「脳の睡眠」や「徐波睡眠」と呼ばれている。レム睡眠は脳波では覚醒期や入眠期と同じ $\beta$ 波が出現しているが、刺激を与えても覚醒しない。これらの2種類の睡眠の役割について、ノンレム睡眠は脳を休ませ、回復させる睡眠であり、レム睡眠は脳の休息状態であるノンレム睡眠を目覚めさせ、覚醒させる役割を持つ。ノンレム睡眠は、様々なホルモンを分泌させたり、得た情報の中から不要な情報を緩和したり消去する。こうしたホルモンには、成長ホルモン (GH) やコルチゾール、甲状腺刺激ホルモン (TSH)、プロラクチン (PRL)、インシュリン、成長ホルモン放出ホルモン (GHRH)、性腺刺激ホルモンなどがある。これらのホルモンは入眠後90分程度の徐波睡眠時に多く分泌され、各器官や機能に働き、身体の修復や疲労の回復に役立つ。つまりノンレム睡眠の深い睡眠である徐波睡眠が得られることが、身体の修復や疲労回復をコントロールすると言える。

レム睡眠は視床の情報伝達や筋肉への情報伝達が遮断されて、運動機能が抑制されているが、血圧や呼吸、脈拍の変動は激しく、急速眼球運動などみられ、夢を見ていることが多いことから、「身体は眠っているが、脳は目覚めている」といわれている。ノンレム睡眠と同様にレム睡眠も脳細胞が活動を同期化する振動が関与し、記憶の定着に役立っている。レム睡眠は魚類や両生類などに見られる原始的な眠りであり、身体を不動化させることによってエネルギーの節約となる。また脳の機能を発達させ、体温、血圧、脈拍数など低下させ、全身を休息モードに維持する。ノンレム睡眠は入眠直後から現れ、

次第に深くなり 90~120 分後にレム睡眠に変わり、レム睡眠は 5~30 分持続する。この 1 セットを睡眠周期といい、平常時は 1 晩に 3~5 回繰り返される。睡眠後半になるにつれレム睡眠は長くなり、自然な覚醒をおこさせる。それゆえ、ノンレム睡眠とレム睡眠のリズムと徐波睡眠の獲得が重要な鍵となる (Fig.3.3.1.1)。

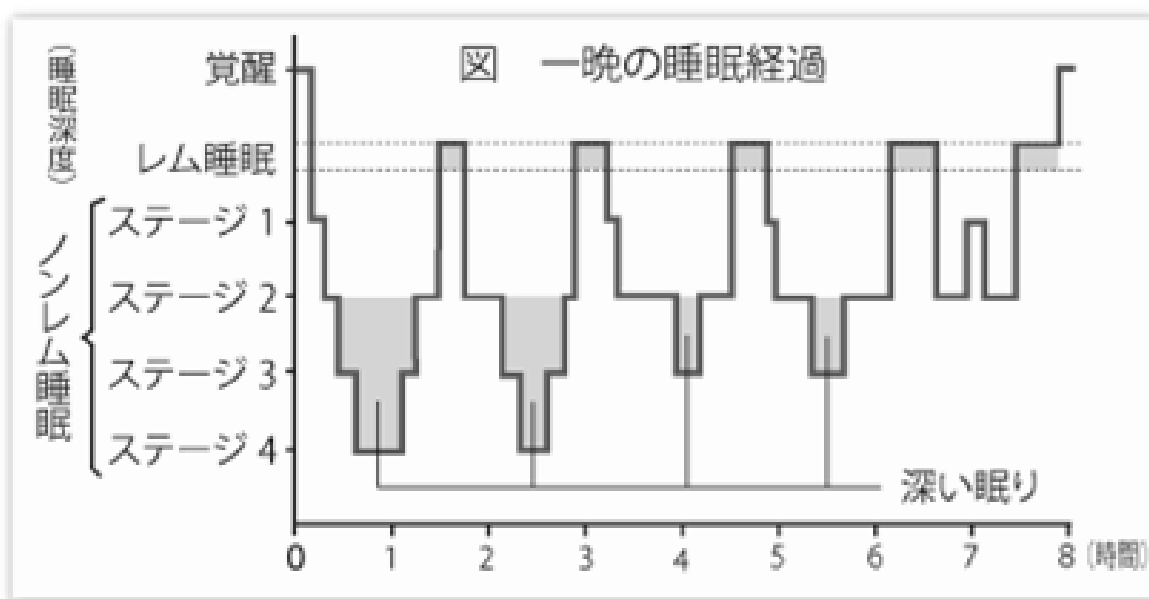


Fig.3.1.1.1 ノンレム睡眠とレム睡眠のリズム [18]

### 3.1.2 睡眠段階

睡眠段階は実際には脳波像だけではなく眼球運動、筋電 Fig.などを合わせたポリグラフィ所見に基づいて判定される。睡眠時に脳波、眼球運動、筋電、心電、呼吸などを同時に記録するポリグラフィをポリソムノグラフィ (polysomnography: PSG)と呼ぶ。ポリソムノグラフィ所見に基づく睡眠段階判定の国際基準を Rechtschaffen & Kales のマニュアルから引用し、睡眠時の脳波像の概略を示す。この国際基準は Dement & Kleitman の睡眠段階判定基準を骨子として作られたものである (Table 3.1.2.1)。

Table 3.1.2.1 脳波による睡眠段階

脳波的特徴	国際分類		
		Rechtschaffen & Kales (1968)	Dement & Kleitman (1957)
低振幅速波(興奮) ↓ α 波(安静) ↓ α 波断続(弛緩)	覚醒期	W	
α 波消失平坦波型 低振幅 θ 波速波	浅眠期	I	1
頭蓋頂鋭波(瘤波)	軽睡眠初期		2
紡錘波と K 複合波 背景は中等度振幅徐波	軽睡眠期	II	
紡錘波と高振幅徐波	中等度睡眠期	III	3
高振幅徐波の連続、紡錘波(-)	深睡眠期	IV	4
低振幅 θ 波速波と急速眼球運動の出現	REM 睡眠期	REM	1 rem

### 3.1.3 自律神経系機能

末梢神経系は体性神経系と自律神経系の 2 つに分類される。体性神経系は、運動や感覚のような動物性機能をつかさどる神経である。自律神経系は呼吸・循環・消化・生殖など個体の生存と種の保存に必須となる基本的諸機能の調節を通じて、生物の恒常性の維持に重要な役割を演じている。自律神経系は、内蔵神経系、植物神経系、不随意神経系などとも呼ばれる。

自律神経は、内臓、血管などの働きをコントロールし、体内の環境を整える神経であり、すべての内臓、全身の血管や分泌腺を支配している。知覚・運動神経と違い、自らの意思とは関係なく独立して働いているため、内臓や血管を自分の意思で自由に動かす事は出来ない。つまり意識をすることなく呼吸をし、食物を消化するため内臓を動かすことや、体温を維持するために汗をかくことは自律神経があるからである。自律神経には、交感神経（起きている時の神経・緊張している時の神経）と副交感神経（寝ている時の神経・リラックスしている時の神経）があり、この二つは、一つの器官に対して互いに相反する働きをする。（Table 2.3.3.1）。

Table 3.1.3.1 自律神経の主な機能と体の反応

	交感神経	副交感神経
瞳孔（ひとみ）	散大（光が多く入るように）	縮小する
涙腺	血管が収縮、涙の分泌が減る	血管が拡張し、涙が増える
唾液腺	唾液が減り、喉がカラカラに渇く	唾液が増える（唾液は消化液）
胃腸の分泌腺	胃液や腸液の分泌が減る	胃液（胃酸）などの分泌が増える
胃腸の運動	動きが減り、便秘がちになる	ゴロゴロとよく動き下痢に傾く
気管の平滑筋	ゆるんで気管内径が広がる	気管を締め付け気管内径が狭くなる（喘息の状態）
心臓のリズム	心拍数が増えてドキドキする	心拍数が減る
心筋の収縮	大きく収縮したっぷり血液を送る	弱い収縮となる
抹消血管	収縮し、血圧が上がる	弛緩し血圧が低下、片頭痛がする
汗腺	汗をたくさんかく	—
立毛筋	収縮し鳥肌が立つ	—
膀胱、直腸の筋肉	尿や便を貯める。便秘になる	尿、便を押し出し、下痢に傾く
膀胱、肛門括約筋	締まって、尿、便を出させない	出口が緩んで、尿便を出す
脳、神経	興奮する	静まって、眠くなる
神経が働く状況	目が覚めて活動を始めるとき、仕事をしているとき、けんかをしているとき、試合や運動をしているとき	寝入るとき、寝ているとき、食事をするとき、のんびり休んでいるとき、排便排尿時
神経伝達物質	アドレナリン、ノルアドレナリン	アセチルコリン



---

---

#### 3.1.4 LF/HF

HFとは高周波(Hi Frequency)を意味し、3~4秒程度の周期を持つ呼吸を信号源とする変動波、または周波数領域のパワースペクトルの合計量を指す。LFは低周波(Low Frequency)を意味し、メイヤー波と呼ばれる約10秒周期の血圧変動を信号源とする変動波、または周波数領域のパワースペクトルの合計量を指す。交感神経と副交感神経の緊張状態のバランスによって、心拍変動のHFの変動波とLFの変動波の現れる大きさが変わってくるため、これらを利用して心拍変動から自律神経のバランスを推定する。

心拍変動から自律神経のバランスを推定するために、心拍変動の時系列データから呼吸変動に対応する高周波変動成分(HF成分)と血圧変動であるメイヤー波に対応する低周波成分(LF成分)を抽出する。呼吸変動を反映するHF成分は、副交感神経が緊張または活性化している場合にのみ心拍変動に現れる一方、LF成分は交感神経が緊張しているときも、副交感神経が緊張しているときも心拍変動に現れる。副交感神経が優位にある場合にHF成分が現れるため、HF成分の数値を副交感神経の活性度または緊張度とする場合もある。また、交感神経・副交感神経どちらが優位でもLF成分が現れるため、LFとHFの比を取って、LF/HFを交感神経の活性度(ストレス指標)とする。

副交感神経が活性化している状態(リラックス状態)には、呼吸変動を反映したHF成分と血圧変動を反映したLF成分も現れるが、交感神経が活性化している状態(ストレス状態)には、LF成分が現れる一方、HF成分が減少する。リラックス状態にあると相対的にHF成分が大きくなるのでLF/HFの値は小さくなり、ストレス状態にあるとHFに対してLF成分が大きくなるのでLF/HFの値が大きくなる(Fig.3.1.4.1)。

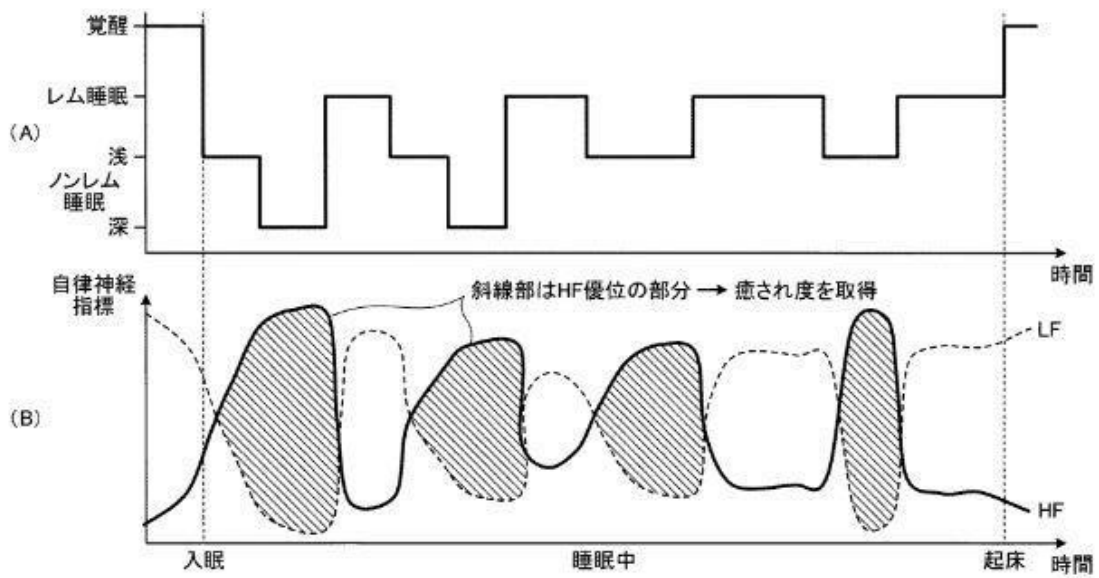


Fig.3.1.4.1 睡眠時の LF/HF 変動

## 3.2 睡眠と環境に関する既往研究

### 3.2.1 身体特性と社会的決定要因、生活習慣と生活スタイル

年齢により、睡眠の量や質は変化する。健常者の脳波で確認された夜間の睡眠時間を年代ごとに示した研究によれば、小学校低学年までの子どもは睡眠時間が 8 時間を超えているが年齢が上がるにつれ徐々に睡眠時間は減少し、85 歳では 5.3 時間であった [1]。この研究では睡眠時間だけでなく、年齢により睡眠の質も異なることが示されている。若年者では睡眠初期に深睡眠が多くみられるが、年齢が上がるるとともに深睡眠は減少し、浅睡眠が増加した (Fig.3.2.1.1)。さらに中途覚醒により睡眠が分断される。高齢者では不眠症の割合が高いことや早朝覚醒が増加することが多くの研究で確認されている [2-4]。とくに夜間頻尿は不眠を引き起こすが、高齢者では様々な疾患の有病割合が高いため、健康状態の差が睡眠に影響を及ぼす。

睡眠には性差による特徴がある。メタ解析による不眠症を対象に行った研究では、女性の不眠症のリスク比は男性より 1.41 倍であることが報告されている [5]。女性は性周期の影響を受けることも知られており、黄体期ではプロゲステロンの上昇や夜間深部体温の上昇、サーカディアンリズムの低下などが起こる [6]。健常女性の深睡眠には性周期による違いはみられないが、ピルを服用している女性の深睡眠は少ないことが知られており、性ホルモンが睡眠に影響を及ぼすことが示唆されている [7]。睡眠に関する問題の自覚症状は女性の方が多いものの、実際に脳波を測定した場合、男性の方が深睡眠は低下しており、加齢に伴う変化が早く出現するという指摘もある [8]。また日中の眠気について調べた研究では、女性と比べて男性の方が昼間の活動中に眠気が強いという結果がみられること [9]、睡眠時無呼吸症候群は男性に多いこと [10]、前立腺肥大による夜間頻尿により睡眠が中断さ

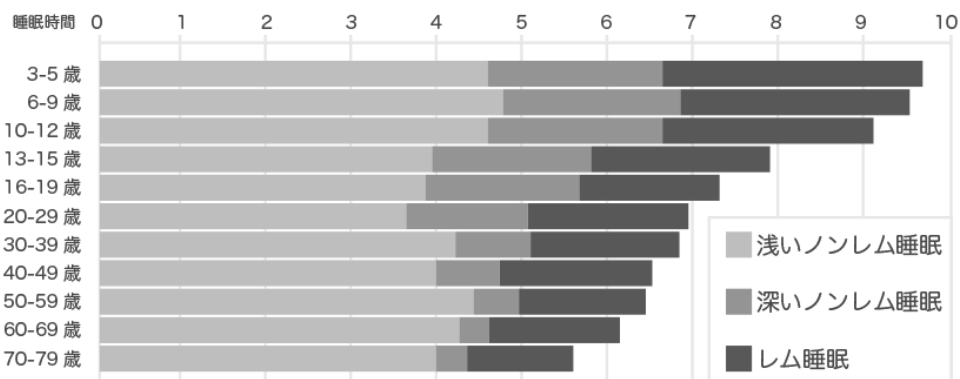


Fig.3.2.1.1 年代ごとの睡眠時間 厚生労働省 e-ヘルスネット

---

---

れること [11]を考えると、男性特有の睡眠問題もまた存在する。性別により、睡眠との関連がみられる要因も異なる結果となっていた。

### 生活習慣と生活スタイル

食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒等などの生活習慣と睡眠に関する研究も数多く行われている。食習慣については、女性において、就寝前のカロリー摂取量と入眠潜時に正の相関があることや就寝前のカロリー摂取量と睡眠効率に負の相関があること、男女ともに就寝前の食事摂取が睡眠に負の影響を与えることが報告されており [12]、夜食を食べる習慣がある者や夕食を遅い時間帯に摂取する習慣がある者では睡眠の質に影響を及ぼしている。食事と睡眠については、摂食ホルモンのグレリンは覚醒を促し、レプチンやインスリンは満腹感をもたらす睡眠を促す [13]というように、食習慣は睡眠を考えるうえで最も重要な要因のひとつである。

飲酒も睡眠に影響を及ぼす。アルコールは脳の機能に抑制的に作用する。そのため、就寝前のアルコール摂取（寝酒）は入眠潜時を短縮させ、睡眠前半の深睡眠の増加、レム睡眠の減少を引き起こし、入眠に促進的な働きをする [14]。しかしながら、アルコールは代謝が速いため、睡眠後半ではレム睡眠の反跳増加や stage1 の増加、中途覚醒の増加を引き起こし、睡眠を妨げてしまう [15]。アルコールは入眠に促進的な影響を及ぼすが、連続 3 日程で睡眠を促進する効果への耐性が形成される [16]。そのため不眠による寝酒はアルコール摂取量を増加させ、アルコール摂取量の増加が不眠を悪化させる、という悪循環に陥り、アルコール依存症を発症させてしまう。このように飲酒は不眠を引き起こすだけでなく、酷いびびきや睡眠時無呼吸症候群を悪化させるという点でも睡眠に負の影響を与える。

喫煙についても、喫煙者には短時間睡眠や入眠困難、日中の眠気、不眠感、中途覚醒の訴えが多いことが報告されている [17]。常時喫煙習慣がある場合、非喫煙者に比べて睡眠時間が短く入眠潜時が長く、深睡眠が減少した [18,19]。喫煙が睡眠に影響を及ぼすメカニズムは、ニコチンによる覚醒作用や離脱症状が考えられているが、喫煙と不眠の間には不安やストレス、カフェイン摂取や飲酒習慣などの交絡因子が存在する可能性も指摘されているため [20]、喫煙自体の睡眠への影響は現在のところ不明瞭である。

運動は睡眠に良い影響を及ぼすことが良く知られている。急激な運動では入眠潜時の短縮や深睡眠の増加、レム潜時の延長、総睡眠時間の延長をもたらす。長期的な運動習慣では入眠潜時の短縮、深睡眠の増加、レム睡眠時間の短縮、総睡眠時間の延長、起床時刻の

---

---

前進をもたらすことが確認されており、急激な運動よりも長期的な運動習慣の効果量が高いという結果が報告されている [21]。このように運動が睡眠へ好影響を及ぼすメカニズムについて、疲労により睡眠欲求が高まることや運動時の深部体温の上昇が就寝時の深部体温効果を促進させること、心拍変動の変化等が考えられており、長期で運動が習慣化すると身体組成や健康状態にも変化が起りよく眠れるようになった[22]。

また、近年ではテレビやパソコン、携帯電話などの機器の発達により、夜間の過ごし方も変わってきた。とくに成長が著しい若年者において、夜間の就床時刻が後退していることや総睡眠時間が短縮していることが問題視されている。大学生を対象にテレビの視聴時間を制限したところ、通常の生活に比べて就床時刻が前進し総睡眠時間が延長したという結果であり[23]、夜間のテレビ視聴の習慣が睡眠習慣に影響することが示唆されている。また、中高生を対象にした調査では、携帯電話を寝床に持ち込んで使用する者も多く、消灯後の電話使用やメール使用が不眠症状や日中の眠気につながることを報告されている [24]。このように、どの年代においても、日常の過ごし方や習慣が睡眠と密接に関係していた。

### 3.2.2 睡眠と温熱環境

温熱環境は人の睡眠に影響を与える最も重要な要因のひとつである。なぜなら、温熱環境が睡眠段階に及ぼす影響は人の体温調節に密接に関係しており、かつその体温調節は睡眠を調節する機構にも影響を与えるからである。睡眠中の人体周囲の温熱環境は、住宅内においても季節や気候の影響を受ける。そこで状況に応じて、時に下着で、またはパジャマやルームウェアを着て、布団などの寝具を利用し、さらにはエアコン等の空調機器を制御し、睡眠のために準備した快適な環境の寝室で就寝する。睡眠と体温調節との関係や、温熱環境が人の睡眠中の体温調節や睡眠そのものに及ぼす影響について数多く調査されている。また、夏の睡眠コントロールのための空調機器、頭部冷却の効果や冬の睡眠環境についても調査が行われており、とくに睡眠時の体温調節反応に関しては生理学を基礎とする多くの知見が得られている。

深部温度については、就寝後に低下することが数多く報告されている[25-27]。これは代謝量減少や睡眠時の体温（セットポイント）の低下によるものである[28]。

---

---

皮膚温については、レム睡眠で低下に転じるといわれている [29]が、レム睡眠と顕著な関係はみられないという報告もある [25]。皮膚血流量については、就寝後の増加および皮膚血流量と睡眠段階との関係が考えられているが、それにより全ての皮膚血流量の変化を説明することはできない[30]。発汗量については、睡眠段階が深いほど多くなり、レム睡眠では少なくなる [26,29]。一方、鈴木らは睡眠時の暑熱負荷に対する発汗反応の大きさは睡眠やその深度に影響されないことを示している[32]。

睡眠の質については、高温環境や低温環境では、中途覚醒、体動の増加や睡眠段階の変化が起こることを報告している[33,34]。都築 [35]は気流により中途覚醒が減少し、温冷感や睡眠感が改善されたことを、水野ら [36]は高温高湿環境での頭部冷却が睡眠の質に効果があることを、久保 [37]は低温環境での足部加温により入眠潜時が短くなることを報告している。

睡眠ポリグラフを使用した夏期の温熱環境の変動が睡眠に及ぼす影響を調べたフィールド調査では、睡眠時の平均気温は、電動ファンを備えたものを除き、ほぼすべての場合で約 26 °Cとなっていた。扇風機を使用していた平均気温は 29.4 °Cとなった。気流により熱損失を増加させることでより高い温度の睡眠環境が可能となったからである。このように気温と気流には関係があり、各被験者がさまざまな行動を通じて環境に適応したことを示唆していた [38]。このように気流があることにより睡眠が改善することも明らかとなっている[39]。

睡眠の質が下がる夏の温度環境と睡眠に関する実験研究では、21 °Cの寒冷環境が睡眠を妨げること [33]や、35°Cの暑熱環境が 29 °Cの環境下に比べて中途覚醒の増加や深睡眠の減少、睡眠効率の低下を引き起こす [40]ことが明らかになっている。同じ高湿度・高温の暑熱曝露であっても、睡眠初期の曝露は睡眠後半より睡眠を妨げてしまう [41]。冬の温度環境と睡眠に関する実験研究では、皮膚温が温まることにより入眠潜時が短縮していた [42]ことから、入床前 1~2 時間寝具内を温めることが有効である [43]。寝床内気候についての実験研究も行われており、マットレスと布団を比較した研究[44]では、布団は寝具内の湿度を吸収することが報告されており、寝具の材質によっても寝床内気候は異なっていた。日本では季節の影響が大きく、夏の睡眠は高湿度環境により睡眠が阻害され、冬の睡眠は低湿度環境により睡眠が阻害された [45]。

睡眠と作業効率の関係についての調査では、夏の間睡眠とエネルギー消費の両方に対する温熱環境制御の影響を明らかにした。睡眠の質の改善による経済効果は、エネルギー

---

---

節約の経済的影響よりもはるかに大きいだけでなく、睡眠の質が仕事の効率に影響することを示していた [46]。

### 3.2.3 環境による睡眠研究のまとめ

睡眠は温熱環境以外に、騒音や照度、といった外的環境にも影響される。騒音と睡眠に関する研究は 20 年以上前から数多く行われており、騒音が睡眠を妨害するという知見が得られている [47]。また、実験研究からは、40dB 以上の騒音の曝露は主観的な影響は及ぼさないにも関わらず脳波上では深睡眠の減少やレム睡眠の減少を引き起こしていた [48]。睡眠にとってほんの小さなレベルであっても騒音は悪影響を及ぼすため、重要な要因のひとつと考えられる。窓開け習慣がある場合、無自覚のうちに睡眠の質が下がると推察する。

光の曝露もまた睡眠に多大な影響を及ぼす。睡眠覚醒は恒常性とサーカディアンリズムの両方に司られているが、光の曝露はサーカディアンリズムの位相を変化させる。朝の光への曝露は体内時計をリセットさせる役割を持ち、位相を前進させる働きがあるが、夕方以降に光に曝露すると、サーカディアンリズムの位相が後退する。就床時刻に近づくと睡眠関連ホルモンであるメラトニンが分泌され体温が低下し体が眠る準備に入るが、光を曝露すると脳がまだ日中であると錯覚し、メラトニン分泌が抑制される。そのため、夜間の高照度光やスマホなどのブルーライトへの曝露は覚醒作用をもたらす、入眠潜時の延長や入眠後の覚醒増加など、睡眠に悪影響を及ぼすことが明らかとなっている [49,50]。

生理学を基礎とした睡眠時の温熱環境に関する既往研究では、睡眠時と覚醒時の体温調節反応や皮膚温の変化と睡眠段階との関係に着目しているものが多かった。また、日本における睡眠環境は季節の影響が大きく、夏の睡眠は高湿度環境により睡眠が阻害され、冬の睡眠は低湿度環境により睡眠が阻害されることから、季節に応じたきめ細やかな空調制御を行うことが、睡眠の質に良い影響を与えることが考えられる。温熱以外にも睡眠に影響を与える要因をこの章で取り上げているが、それらを把握し、適切に対処することが重要である。

---

---

### 3.3 第3章のまとめ

現代の睡眠研究は、睡眠と覚醒のメカニズムが解明され、本格的な睡眠研究が開始された。さらに、レム睡眠の発見によって、睡眠研究は飛躍的な発展を遂げた。

人間にとって、睡眠は脳を発達させた重要な生理機能であり、生命の維持のために必要不可欠である。活動期と休息期が観察され、中枢神経系が発達してくるにつれて、活動期で消耗した中枢神経の疲労回復、活動期に蓄積された情報の整理などが必要となり睡眠が現れる [51]。覚醒時や睡眠深度により脳波が異なっている [52]ことを発見して以降、睡眠の生理学的メカニズムは徐々に解明されてきている [53]。高次脳機能障害といった脳卒中や脳梗塞、脳外傷によって睡眠障害が起きることは既知の事柄であった。その後、睡眠障害のメカニズムが睡眠障害の部位が第三脳室周辺であることが解明され、多くの研究者が睡眠と覚醒の統制が行われていることを明らかにした [54]。1950年代以降は、睡眠ポリグラフが導入され、1960年以降に睡眠時無呼吸症候群など多くの報告がなされるようになった。さらに最近では睡眠障害と遺伝物質の関係性など、睡眠障害に着眼した研究も報告されるようになってきた。しかし、現在に至るまで未だ睡眠覚醒機構の多くは解明していない [55]。しかしながら、現在はIT技術やエレクトロニクスの発展、分子生物学の進歩に伴う分子レベルでの解析が次々と新しい発見をもたらしつつあり、睡眠研究の発展は睡眠障害の診断・治療に大きな進歩をもたらすことが期待されている。



---

---

## 参考文献

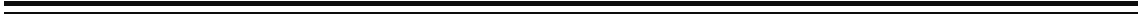
- [1] Ohayon MM, Carskadon MA, et al.: Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep*, 2004, 27(7), pp.1255-73. (2004)
- [2] Ohayon, M.M. and T. Roth: What are the contributing factors for insomnia in the general population? *Journal of Psychosomatic Research*, 2001, 51(6), pp.745-755. (2001)
- [3] Ohayon, M.M.: Sleep and the elderly. *J Psychosom Res*, 2004, 56(5), pp.463-464. (2004)
- [4] Sivertsen, B., et al.: The epidemiology of insomnia: Associations with physical and mental health. The HUNT-2 study. *Journal of Psychosomatic Research*, 67(2), pp.109-116. (2009)
- [5] Zhang, B. and Y.K. Wing: Sex differences in insomnia: a meta-analysis. *Sleep*, 29(1), pp. 85-93. (2006)
- [6] Shechter, A., F. Varin, and D.B.: Boivin, Circadian variation of sleep during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle. *Sleep*, 33(5), pp.647-656. (2010)
- [7] Baker, F.C. and H.S. Driver: Circadian rhythms, sleep, and the menstrual cycle. *Sleep, Medicine*, 8(6), pp.613-622. (2007)
- [8] 堀忠雄: 睡眠の基礎－発達,老化,性差を含む (臨床睡眠学－睡眠障害の基礎と臨床), *日本臨床*, 66(933), pp.27-33. (2008)
- [9] 竹上未沙他: The Epworth Sleepiness Scale の性・年齢階級別得点分布と日中の過度の眠気の有症割合の推定: 地域住民を対象とした調査. *日本公衆衛生雑誌*, 52(2), pp. 137-145. (2005)
- [10] Young, T., et al.: The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N, Apr*, 328(17), pp.1230-1235. (1993)
- [11] Ito, Y., et al.: Sleep disturbance and its correlates among elderly Japanese. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 30(2), pp.85-100. (2000)
- [12] Crispim, C.A., et al.: Relationship between Food Intake and Sleep Pattern in Healthy Individuals. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 7(6), pp.659-664. (2011)

- 
- 
- [13] Nicolaidis, S.: Metabolic mechanism of wakefulness (and hunger) and sleep (and satiety): Role of adenosine triphosphate and hypocretin and other peptides. *Metabolism*, 55(10 Suppl 2), pp.24-29. (2006)
- [14] Gresham, S.C., W.B. Webb, and R.L. Williams: Alcohol and caffeine: effect on inferred visual dreaming. *Science*, 140(3572), pp.1226-1227. (1963)
- [15] Roehrs, T., J. Yoon, and T. Roth: Nocturnal and Next-Day Effects of Ethanol and Basal Level of Sleepiness. *Human Psychopharmacology-Clinical and Experimental*, 6(4), pp.307-311. (1991)
- [16] Feige, B., et al.: Effects of alcohol on polysomnographically recorded sleep in healthy subjects. *Alcoholism-Clinical and Experimental Research*, 30(9), pp.1527-1537. (2006)
- [17] Ohida, T., et al.: An epidemiologic study of self-reported sleep problems among Japanese adolescents. *Sleep*, 27(5), pp.978-985. (2004)
- [18] Jaehne, A., et al.: How smoking affects sleep: A polysomnographical analysis. *Sleep Medicine*, 13(10), pp.1286-1292. (2012)
- [19] Zhang, L., et al.: Power spectral analysis of EEG activity during sleep in cigarette smokers. *Chest*, 133(2), pp.427-432. (2008)
- [20] Ohayon MM, Carskadon MA, et al.: Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep*, 27(7), pp.1255-1273. (2004)
- [21] Kubitz, K.A., et al.: The effects of acute and chronic exercise on sleep. A meta-analytic review. *Sports Med*, 21(4), pp.277-291. (1996)
- [22] Uchida S., et al.: Exercise effects on sleep physiology. *Frontiers in Neuro*, 3(48), pp.1-5. (2012)
- [23] Asaoka, S., et al.: Does television viewing cause delayed and/or irregular sleep-wake patterns? *Sleep and Biological Rhythms*, 5(1), pp. 23-27. (2007)
- [24] Munezawa, T., et al.: The Association between Use of Mobile Phones after Lights Out and Sleep Disturbances among Japanese Adolescents: A Nationwide Cross-Sectional Survey. *Sleep*, 34(8), pp. 1013-1020. (2011)
-

- 
- 
- [25] Palca, J. W., Walker, J. M. and Berger, R. J.: Thermoregulation, metabolism, and stages of sleep in cold-exposed men, *J. Appl. Physiol.*, 61(3), pp.940-947. (1986)
- [26] Sagot, J. C., Amoros, C., Candas, V. and Libert, J. P.: Sweating responses and body temperatures during nocturnal sleep in humans, *Am. J. Physiol.*, 252, pp.462-470. (1987)
- [27] Krauchi, K., Cajochen, C. and Wirz-Justice, A.: A relationship between heat loss and sleepiness: effects of postural change and melatonin administration, *Journal of Applied Physiology*, vol. 83, pp.134-139. (1997)
- [28] Hammel, H. T., Jackson, D. C., Stolwijk, J. A. J., Hardy, J. D. and Stromm, S. B.: Temperature regulation by hypothalamic proportional control with an adjustable set point, *J. Appl. Physiol.*, 18(6), pp.1146-1154. (1963)
- [29] Henane, R., Buguet, A., Roussel, B. and Bittel, J.: Variations in evaporation and body temperatures during sleep in man, *J. Appl. Physiol., Respirat Environ. Exercise Physiol.*, 42(1), pp.50-55. (1977)
- [30] Sindrup, J. H., Kastrup, J., Madsen, P. L., Christensen, H., Jorgensen, B. and Wildschiodtz, G.: Nocturnal variations in human lower leg subcutaneous blood flow related to sleep stages, *J. Appl. Physiol.*, 73(4), pp.1246-1252. (1992)
- [31] Libert, J.P., Candas, V., Muzet, A. and Ehrhart, J.: Thermoregulatory adjustments to thermal transients during slow wave sleep and REM sleep in man, *J. Physiol. Paris*, 78, pp.251-257. (1982)
- [32] 石黒晃子, 銚井修一, 高田暁, 石津京二: 着衣・寝具を考慮した睡眠時の人体熱モデルに関する研究, *日本建築学会環境系論文集*, 74(636), pp.141-149. (2009)
- [33] Haskell, E. H., Palka, J. W., Walker, J. M., Berger, R. J. and Heller, H. C: The effects of high and low ambient temperatures on human sleep stages, *Electro. Clin. Neurophysiol.*, 51, pp.494-501. (1981)
- [34] Candas, V., Libert, J. P. and Muzet, A.: Heating and cooling stimulations during SWS and REM sleep in man, *J. Therm. Biol.*, vol.7, pp.155-158. (1982)
- [35] 都築和代: 暑熱環境における気流が青年の睡眠と体温調節に及ぼす影響, *日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2*, pp.547-548. (2004)
- [36] 水野一枝, 都築和代, 水野康: 冷却枕が睡眠および体温に及ぼす影響, *第 24 回人間-生活環境系シンポジウム報告集*, pp.113-116. (2002)
-

- 
- 
- [37] 久保博子: 住環境学の立場から見た睡眠環境に関する研究, 第 26 回快適性を考えるシンポジウム—寝装・寝具—, pp.3-9. (2004)
- [38] 秋山 雄一, 三宅 絵美香, 松崎 里穂, 尾方 壮行, 都築 和代, 田辺 新一: 夏季の自宅寝室における温熱環境が睡眠段階を考慮した睡眠の質に及ぼす影響, 日本建築学会環境系論文集, 第 83 巻, 第 745 号, pp.277-284. (2018)
- [39] Tsuzuki, K., et al.: Effects of airflow on body temperatures and sleep stages in a warm humid climate. *International Journal of Biometeorology*, 52(4), pp.261-270. (2008)
- [40] Okamoto-Mizuno, K., et al.: Effects of humid heat exposure on human sleep stages and body temperature. *Sleep*, 22(6), pp.767-773. (1999)
- [41] Okamoto-Mizuno, K., et al.: Effects of partial humid heat exposure during different segments of sleep on human sleep stages and body temperature. *Physiology & Behavior*, 83(5): pp.759-765. (2005)
- [42] Kräuchi K, Cajochen C, Pache M, Flammer J, Wirz-Justice A.: Thermoregulatory effects of melatonin in relation to sleepiness., 23(1-2), pp.475-84. (2006)
- [43] Okamoto-Mizuno K, Tsuzuki K, Ohshiro Y, Mizuno K.: Effects of an electric blanket on sleep stages and body temperature in young men., *Ergonomics*, 48(7), pp.749-757. (2005)
- [44] Okamoto, K., S. Iizuka, and N. Okudaira, The effects of air mattress upon sleep and bed climate. *Appl Human Sci*, 16(3), pp.97-102. (1997)
- [45] 都築和代: 温熱環境と睡眠, 日本生気象学会雑誌, 50(4), pp.125-134. (2014)
- [46] 本多英里, 伊香賀俊治, 大平昇, 岡島慶治, 海塩渉: 夏季の温熱環境制御が睡眠と翌日の作業効率に与える影響の経済性評価, 日本建築学会環境系論文集, 81(724), pp.523-533. (2016)
- [47] Griefahn, B.: Environmental Noise and Sleep - Review - Need for Further Research. *Applied Acoustics*, 32(4), pp.255-268. (1991)
- [48] Kawada, T.: Effects of traffic noise on sleep: a review. *Nihon Eiseigaku Zasshi*, 50(5), pp.932-938. (1995)
-

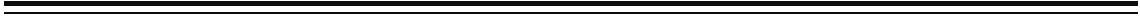
- 
- 
- [49] Munch, M., et al.: Wavelength-dependent effects of evening light exposure on sleep architecture and sleep EEG power density in men. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 290(5), pp.1421-1428. (2006)
- [50] Cajochen, C., et al.: High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light. *J Clin Endocrinol Metab*, 90(3), pp.1311-1316. (2005)
- [51] 田ヶ谷浩邦: 睡眠関連ホルモンの計測, *生体医工学*, 46(2), pp.169-176. (2008)
- [52] Berger, H: Ueber das Elektroenkephalogramm des Menschen. *Arch Psychiatrie Nervenkr*, 87(1), pp.527-570. (1929)
- [53] 佐藤甫夫: 睡眠の機序 : 古典から現在へ, *千葉医学雑誌*, 61(5), pp.307-325. (1985)
- [54] 井上昌次郎: 脳と睡眠 一人はなぜ眠るか, *ブレインサイエンス・シリーズ 7*, 共立出版, 東京. (1989)
- [55] 本多和樹: 睡眠研究と動物モデル, *日本薬理学雑誌*, 129(6), pp.413-417. (2007)



---

---

第4章  
加湿環境が  
中年者の  
皮膚と睡眠に及ぼす影響  
(夏期・冬期)





---

---

## 第4章 加湿環境が中年者の皮膚と睡眠に及ぼす影響（夏期・冬期）

### 4.1 研究目的

現代において、加齢のメカニズムが解明されつつあり、加齢を主体とした予防医学である抗加齢医学が注目を集めている。抗加齢医学領域で加齢現象を考えると、大きな変化の表れる「見た目」をひとつのテーマとした医学的アプローチが進められている [1]。このように健康状態を測る指標として一般的に用いられている「見た目年齢」は身体・認知機能および老化の分子レベルの表現型と有意に相関しており、70 歳以上の人の寿命を予測しうる事が明らかになっている。

Christensen et al. [2]が行った 1826 組の双子被験者を対象に行ったコホート研究によれば、見た目年齢が実年齢とかけ離れているほどより老けて見える双子の方が先に死亡する可能性が大きく、見た目年齢と寿命には遺伝的要因が影響することが報告されている。また、睡眠は加齢現象を考える上での重要な要因である。良質な睡眠は脳や身体機能を健全に保つため必要不可欠であり、健康寿命の延伸を図る基本的な役割を担っている。睡眠の質の低下は生活習慣病の罹患リスクを高め、症状を悪化させるだけでなく、生命予後を悪化させることが明らかとなっている [3]。一方、化粧品領域においては顔面皮膚表面の定量的評価を客観的に評価する手法が多く検討されている [4-6]。現在までに行われてきた測定法について体系化されるだけでなく、様々な方法で採取された皮膚レプリカや測定のための解析が行われ、顔面皮膚表面性状の計測における基準が作成された。村上ら [7]は採取した皮膚レプリカを用いて顔面の毛穴の性状と皮膚生理パラメータとの関連性を求め、肌理（キメ）の方向や密度が表面解析に重要であることを報告した。レプリカ以外では皮膚表面をマイクロスコープで拡大し、皮溝と皮丘からなる肌理を観察する方法が代表的である。小林ら [8]はマイクロスコープで計測した皮膚画像を解析し、肌理（キメ）の特徴を示す皮溝の情報を取得し、その面積、太さ、間隔、並行度等、状態を表すと考えられる指標を定量的に表現する手法を考案した。

「見た目年齢」に影響を与える環境要因として、紫外線や喫煙の影響だけでなく、皮膚の乾燥といったことが考えられる。空調技術の発達した現代の居住環境においては一年を通して皮膚の乾燥を感じやすく、それゆえ人々の関心は高く、効果的な乾燥対策が強く求められている。

本研究の目的は抗加齢的観点からみた居住環境による人体への影響を明らかにすることである。皮膚表面特性と居住環境要因、とくに睡眠時の室内の温湿度環境との関連性につ

---

---

いては十分な検討がなされておらず、検証する意義は大きい。皮膚表面特性とは、肌質感の評価に影響を与える「皮膚の肌理（キメ）－皮溝の太さ、分散、密度」やぬれ性といった各個の皮膚特性要因のことであり、居住環境要因とは、寝室の温度、湿度、空気質といった健康に影響を与える要因を示す。

本研究では夏期と冬期の睡眠時にパーソナル加湿機を頭部周囲に使用し、加湿を行った場合の影響について皮膚水分率と皮膚の肌理（キメ）画像に着目し、調査を実施した。ここで、パーソナル加湿機とは顔周りにスチームを噴霧し、睡眠中に乾燥しがちな喉や鼻、肌をうるおすという機器である。従来の加湿機が部屋全体の湿度を上げることを目的としているのに対し、顔周りの湿度を保つことに主眼を置いている。

## 4.2 実験方法

### 4.2.1 実験対象者

被験者は30代後半から50代の皮膚に異常が認められない男女30名（男性14名・女性16名）とした。平均年齢（SD）は男性46.1（5.1）歳、女性48.6（4.5）歳、平均BMI（SD）は男性22.8（2.7）kg/m<sup>2</sup>、女性20.5（2.5）kg/m<sup>2</sup>であった。試験期間中は毎日規則正しい生活をするよう心掛けてもらい、激しい運動やアルコール摂取、日焼けを控えてもらうよう徹底した。皮膚の計測時には全ての被験者と対面し、アレルギーがないことを確認している。女性は化粧をしていない状態で皮膚画像撮影を行った。実験期間中の毎日のスキンケアについても、エステや特別な道具を使わず、計測時に同じ皮膚状態を保つようお願いした。男性には髭を蓄えている該当者がおらず、皮膚水分率はFig.1、Dの頬中央部位で計測しているため、髭の影響はないものと考えている。すべての被験者へは、ヘルシンキ宣言に則り、口頭と書面で研究内容を十分に説明し、書面で全員の承諾を得た上で実験を行った。

### 4.2.2 実験期間・場所

実測期間は2015年7月18日～9月5日と2016年1月11日～3月5日、夏期と冬期それぞれ各14日間、東京近郊に在住する被験者の自宅寝室にて実施した。被験者の住宅種別は、木造戸建（個別空調）住宅、RC造集合住宅、鉄骨集合住宅、木造戸建（全館連続空調）住宅であった。

### 4.2.3 実験条件

Table 4.2.3.1 に夏期と冬期の実験概要を、Table 4.2.3.2 に使用時の群別被験者数を示す。Fig. 4.2.3.1 に 1 日の実験スケジュールを示す。就床中は加湿機未使用時と使用時の 2 条件を設定した。夏期は加湿機の加湿モードまたは送風モードのどちらかを、冬期は加湿モードの連続運転または間欠運転のどちらかを被験者が選択し、後半 7 日間、同じ状態で使用してもらった。加湿モードの加湿方式はスチーム式で、水を沸騰させて蒸気を放出する。約 45℃の低温スチームと常温風が同時に吹き出す上下 2 段の構造により、スチームの上部から常温風が吹き出すため、スチームが上昇せず顔周りを集中的に加湿することができる。連続運転は 4 時間連続で加湿を行い、間欠運転は本体内蔵の温度・湿度センサが周囲の温度と湿度環境を検知し、稼働と停止を繰り返しながら加湿を行う。また、送風モードは内蔵されたファンにより、微風速の気流を頭部周囲に送る。冷却された空気ではないため、気流はほとんど感じない。なお実測の対象は 14 日間のうち加湿機未使用期間と使用期間の前 2 日を除いた合計 10 日間とする。寝室の冷暖房空調の設定と実感調査は毎日のアンケートによる申告とし、被験者の着衣と寝具については事前、事後アンケートによる申告とした。事前のアンケートでは個人属性や住宅の寝室環境について調査を行った。

Table 4.2.3.1 実験概要

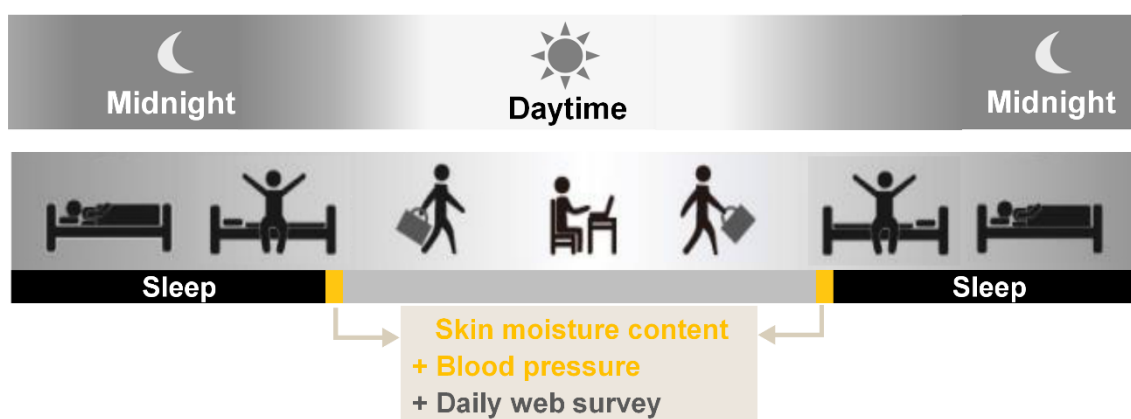
実験場所	冬期被験者宅寝室	
実験期間	夏期：2015年7月18日～9月5日（被験者各14日間） 冬期：2016年1月11日～3月5日（被験者各14日間）	
空調条件	アンケートによる申告	
温湿度条件	サーモレコーダによる連続測定	
実験条件	【前半 7 日間】 加湿機未使用	【後半 7 日間】 夏期：加湿モードまたは 送風モード 冬期：4h 連続加湿運転または 間欠加湿運転
被験者	一般住宅・全館空調住宅在住の中年男女 30 名 (男性 14 名・女性 16 名)	
アンケート	属性	年齢・性別・身長・体重・職業・就寝時着衣寝具量 等
	習慣	入浴・食事・運動就寝時着衣と寝具量・飲酒・喫煙 等
	健康	健康度・冷えの場所や症状・既往歴・服薬等
	環境	住宅種別・住宅断熱性能・寝室空調使用状況等

Table 4.2.3.1 パーソナル加湿機使用時の群別被験者数

時期	男性群	被験者数	女性群	被験者数
夏期	加湿男性	5	加湿女性	9
	送風男性	9	送風女性	7
冬期	連続男性	4	連続女性	9
	間欠男性	10	間欠女性	7

## Measurement schedule of one day

■ Measurement : **Sleep** **Blood pressure** **Skin moisture content**



- Survey daily web-based questionnaire before bedtime and after getting up
- Skin imaging: At the beginning and the end of the experiment

Fig.4.2.3.1 1日の実験スケジュール

住宅種別については、被験者アンケートのみでは正確な判断ができないため、公的建築資格（一級建築士）保持者である筆者が全ての該当住宅について実際に目視確認した。住宅の断熱性能については、建物の築年数を回答してもらい、断熱等性能等級に定められている等級基準について竣工時期から割り出し、建物の状態と併せて判断している（Fig 4.2.3.2）。

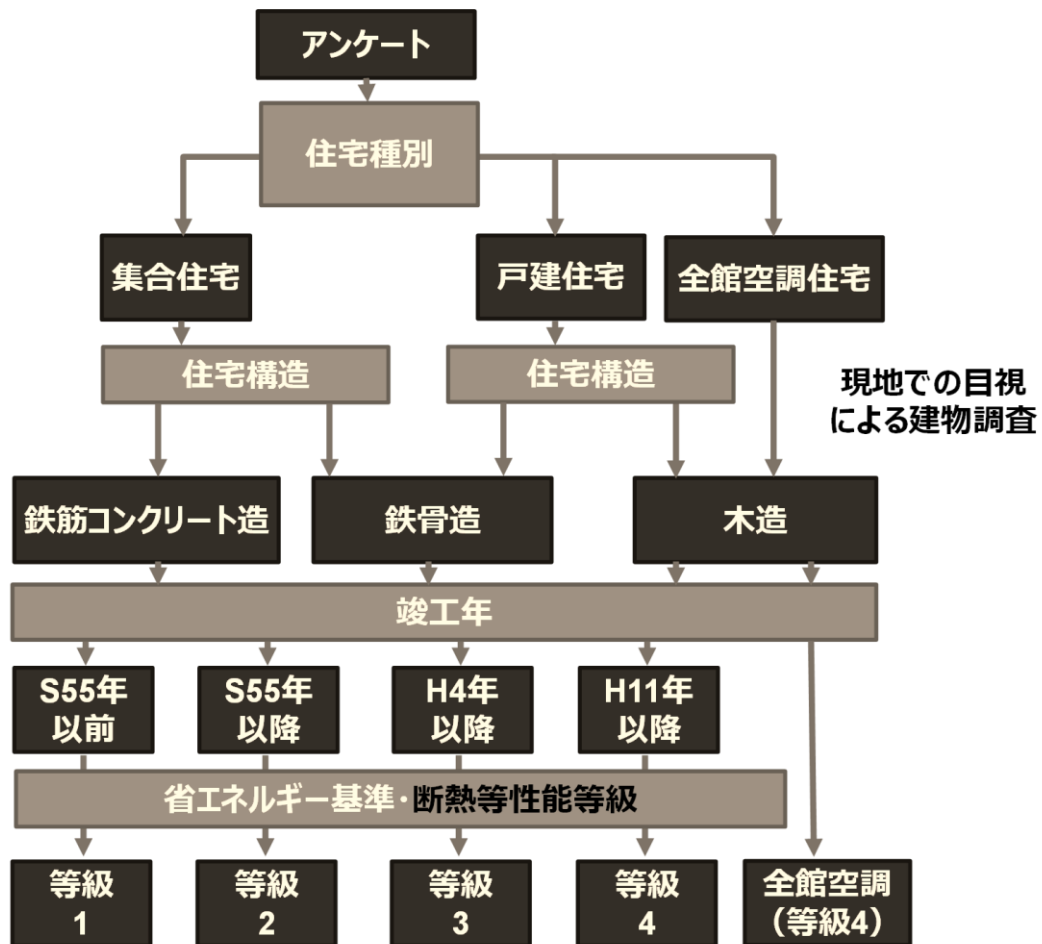


Fig.4.2.3.2 測定手順のフローチャート

#### 4.2.4 測定項目・手順

Table 4.2.4.1 に測定項目を示す。測定は実験開始前と終了後に行うものと毎日行う計測がある。皮膚については睡眠環境が与える影響について比較検討を行うため、実験開始前と終了後、実験者によるマイクロスコープでの皮膚肌理（キメ）画像測定を行った。画像撮影にはモリテックスのマイクロスコープ i-Scope（光源:白色 LED 倍率:50 倍）を用いた。撮影および採取部位は眼部中央と鼻尖の交差する頬中央位置とし、毎回同位置となるよう目視で確認した。環境については実験期間中の寝室環境を把握するため、寝室の空気温湿度と睡眠中の頭部周囲の空気温湿度の環境計測を T&D の TR-72Ui で行った。事前に行った実験室での計測では室温 26℃設定で、頭部周囲へのエアコンと加湿機送風モード同時使用による気流 (SD) が平均 0.08 (0.07) m/s、エアコンのみによる気流 (SD) が平均 0.06 (0.07) m/s、加湿機送風モードのみの気流 (SD) は平均 0.02 (0.03) m/s となっ

た。エアコンの気流を直接身体に向けないよう被験者へ事前に説明したことから、被験者宅実験時の気流測定は実施していない。生理量としてはスカラの皮膚水分計 MY-808S [9] による皮膚水分率の計測とタニタのマット型睡眠計 SL-501 による睡眠の計測を行った。実験で使用したマット型睡眠計はマットレスや布団の下に設置し、センサーマットが感知した睡眠中の呼吸、脈拍、体動を元に睡眠・覚醒の判定や睡眠深度を推定する。対象者に器具装着の拘束感を与えず最も負担がないため、実験中も普段と変わらない睡眠を継続的に計測することが可能である。睡眠深度の判定法は、アクチグラフと同様に生体由来の振動を高精度体動センサで検知する。独自の技術で呼吸、脈拍、体動の信号を分離・抽出し、それらから得られたバイタルデータを用い自動で解析する。睡眠段階は「覚醒」、「REM」、「浅睡眠」、「深睡眠」の4段階で数値化され、30秒単位で計測される。マット型睡眠計による推定は、入眠潜時、睡眠効率に対して十分な精度を有していることが確認されている[10]。他方、睡眠の深さについては研究で用いる上で十分な精度をもっているか、今後、睡眠ポリグラフ検査（PSG）との比較から検証していく必要がある。なお、皮膚表面温度の測定は胸部と足甲部で実施したが、皮膚水分率と肌理（キメ）画像計測を行った頬中央部付近では行わなかった。どちらも有意差が顕著にみられなかったため、本文には取り上げていない。

Fig. 4.2.4.1 に被験者が行う皮膚測定位置と被験者宅寝室の測定位置を示す。寝室での測定は寝室中央の床面より高い位置とし、頭部周囲は加湿機側の枕横位置で計測をした。皮膚水分率測定は皮膚肌理（キメ）画像測定と皮膚レプリカの採取と同位置で行った。実験

Table 4.2.4.1 測定項目

測定項目		測定機器	測定回数	測定位置
皮膚	皮膚肌理 画像	マイクロスコープ i-SCOPE／モリテックス	実験前後 ／各1回	頬中央 (D)
	皮膚水分率	皮膚水分計 MY-808S／スカラ	就寝前・起床後 ／毎日	頬中央 (D)
生理量	睡眠	マット型睡眠計 SL-501／TANITA	就寝前・起床後 ／毎日	Fig.4.4.2.1 参照 (C)
環境	温湿度	温湿度計 TR-72Ui／T&D	実験期間 ／14日間	寝室 就床頭部 (A) 寝床内 (計3カ所)

---

---

期間中の計測は被験者自身に行わせた。ただし、測定時の角度や位置、接触圧など扱い方の詳細について web 上で解説動画をいつでも確認できるようにしている。

毎日の手順として、被験者には就床 30 分前に安静状態のまま皮膚水分率と心理量の申告を課した（付録 A 参照）。皮膚水分率の測定は入浴あるいは洗顔後、1 時間以上経過してから測定を行うものとした。ばらつきを考慮し、各測定につき 3 回行い、数値を web アンケートに記入させた。分析には 3 回の平均値をその回の値とし用いた。就寝時はパーソナル加湿機と睡眠計のスイッチを押して就床させ、起床後は機器のスイッチを止め、できるだけ早めに計測を行い、皮膚水分率の数値と心理量を web アンケートに記入させた。

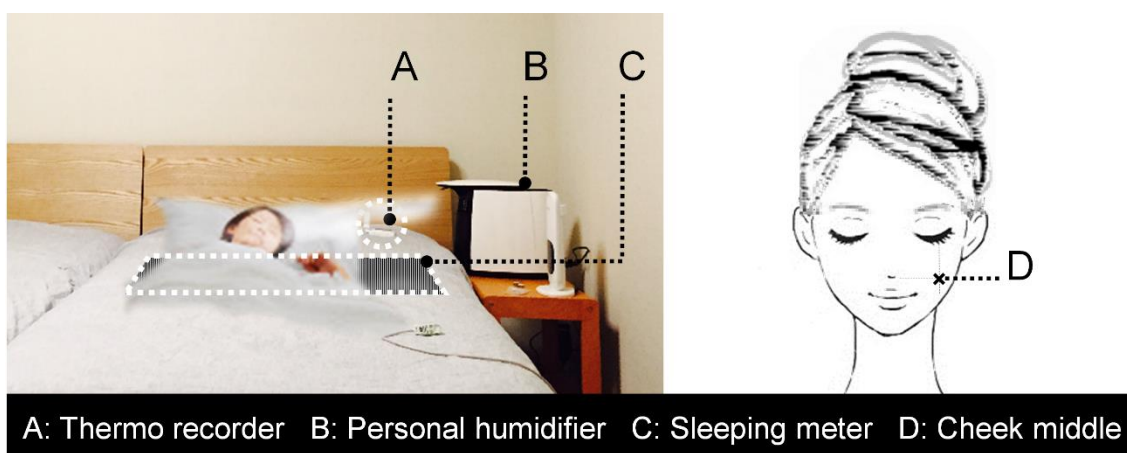


Fig.4.2.4.1 被験者宅測定位置と顔面測定位置

#### 4.2.5 皮膚肌理画像解析

男性群の半数が喫煙者に該当し、環境要因として考えられる影響を排除できない。皮膚評価指標において、喫煙者と非喫煙者は同等には扱わないものと考え、本節では喫煙率が低く、環境要因の少ない女性群の非喫煙者（夏期 n=14, 冬期 n=15）のみを対象とする。まず実験前の肌理（キメ）画像を解析し、導き出した予測式を用いて皮膚水分率と肌理（キメ）の相関を調べ、実験後の画像データの評価を行う。対象者である女性被験者の肌理

---

---

(キメ) 画像を数値化して評価するため、十字 2 値化および短直線マッチング法注 ) を使った画像解析により撮影画像から線形回帰モデルを抽出し、肌理 (キメ) の定量データを抽出した。十字 2 値化とは 2 値化のための閾値を定める方法である。2 値化のための閾値処理の際、探索画素を中心に十字方向の輝度値によって閾値を定める方法である。具体的には、十字内の中心画素の輝度値とそれ以外の領域の輝度の平均値との差を求め、その値が設定された閾値よりも大きければ中心画素を黒くし、小さければ白にするような手法である。抽出する対象は皮溝であるが、このように抽出対象が皮溝のような線状である場合は十字型のマスクを用いた十字 2 値化が適している [8]。この十字 2 値化で得られた画像に対して短直線マッチングを行った。短直線マッチングとは長さ  $l$  pixel、短直線太さ  $h$  pixel、の短直線を皮溝部分 (黒部分) にマッチングさせる処理である。

評価手順は、実験前に計測した皮膚水分率を目的変数に、実験前の画像解析により算出した物理量を説明変数として重回帰分析を行い、予測式である重回帰式を算出した (重相関係数=0.97)。

$$y_N = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_i x_i \quad (1)$$

実験後の肌理 (キメ) 画像から算出した物理量を重回帰式の説明変数に代入し、皮膚水分率の評価値 (自動鑑別値) を鑑別した。重回帰分析には SPSS 23.0J For Windows を用いた。皮溝を表現するために採用した短直線を用い、様々な指標をできるだけ多く定義する。そして、人間による視感評価値に近い推定値を求めるという観点から、重回帰分析により有用と思われる指標を抽出する。そのため、この 20 種類の定量的指標は肌状態の視覚的特徴・印象度を表すものであり [8]、ここでは総合的な判断材料として用いている。肌理 (キメ) 画像と皮膚水分率との相関を示すことを目的に、肌理 (キメ) の物理量から皮膚水分率を予測する重回帰分析を行う。



---

---

#### 4.2.6 統計解析

各群間においては 1 元配置分散分析法を行い、有意差が認められた場合は Bonferroni 法を用いて多重比較を行った。同一群内においては加湿機未使用時と使用時の各条件での平均値を求め、それらの条件間の差の有意差検定については t 検定を用いた。危険率 0.05 以下のとき有意差ありとし、各測定項目の結果は平均値 (SD) で示した。1 元配置分散分析法について、夏期は加湿男性、加湿女性、送風男性、送風女性の 4 群の分析を行い、冬期は連続男性、連続女性、間欠男性、間欠女性の 4 群の分析を行った。加湿機未使用時と使用時の比較は、夏期は加湿男性、加湿女性、送風男性、送風女性の群について、冬期は連続男性、連続女性、間欠男性、間欠女性の群についてそれぞれ t 検定を行った。分析は SPSS 23.0J For Windows を用いた。

## 4.3 結果

### 4.3.1 中年者の居住環境に関する調査

男女別の住宅種別割合と1人当たりの寝室広さの割合を Fig.4.3.1.1、Fig.4.3.1.2 に示す。住宅種別では男女ともに RC 造の集合住宅が 47 %、44 %と最も多く、次いで木造戸建住宅であった。1人当たりの寝室の広さは男性が 6 畳 43 %、女性は 4.5 畳が 69 %と最も多かった。全ての女性が1人当たり 6 畳以下の寝室となっており、男性より女性の方がより狭い空間で就寝する傾向が見られた。さらに居住環境を比較するため、断熱性能別・住宅種別の冬期の寝室温度と相対湿度を Fig.4.3.1.3 に示す。これは断熱性能と住宅の種類に基づいて、実験期間中の寝室の温度と相対湿度に関して観察された傾向を示している。ここでの断熱性能は、日本の法律で定義された省エネ基準を使用して評価した。省エネ基準の基礎となる UA 値 ( $W / m^2 \cdot K$ ) は、建物のエンベロップの平均熱浸透係数であり、総熱損失を建物のエンベロップ面積で割ったものである。UA 値が小さいほど、熱損失が低くなり、省エネ性能が高いことを示す。数値が高いほどグレードが高くなり、次世代基準で

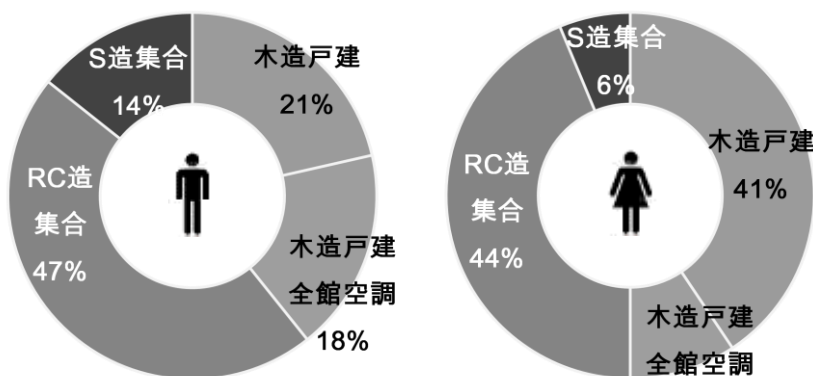


Fig.4.3.1.1 男女別での住宅種別割合

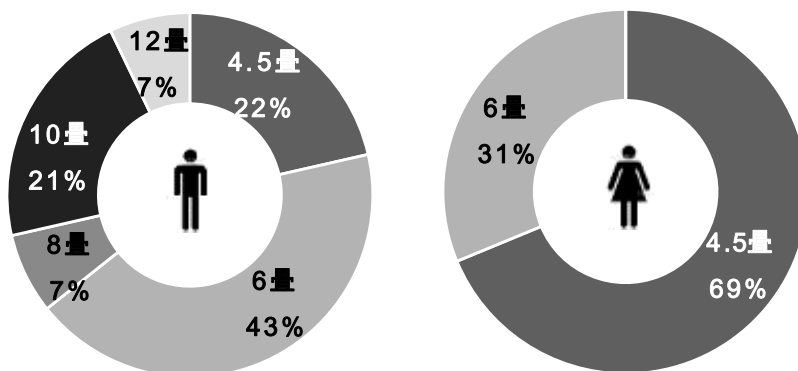


Fig.4.3.1.2 男女別での一人当たりの寝室の広さ

最も高くなる（付録 A 参照）。冬期就寝中の寝室の湿度環境は、最も低い被験者宅で 25.8%RH、最も高い被験者宅では 76.7%RH と各被験者宅による差が著しい結果となった。住宅種別において、断熱性能が高い全館空調住宅では乾燥が目立ち、築年数が古い木造住宅に湿潤する傾向、過去の報告との一致を見た。

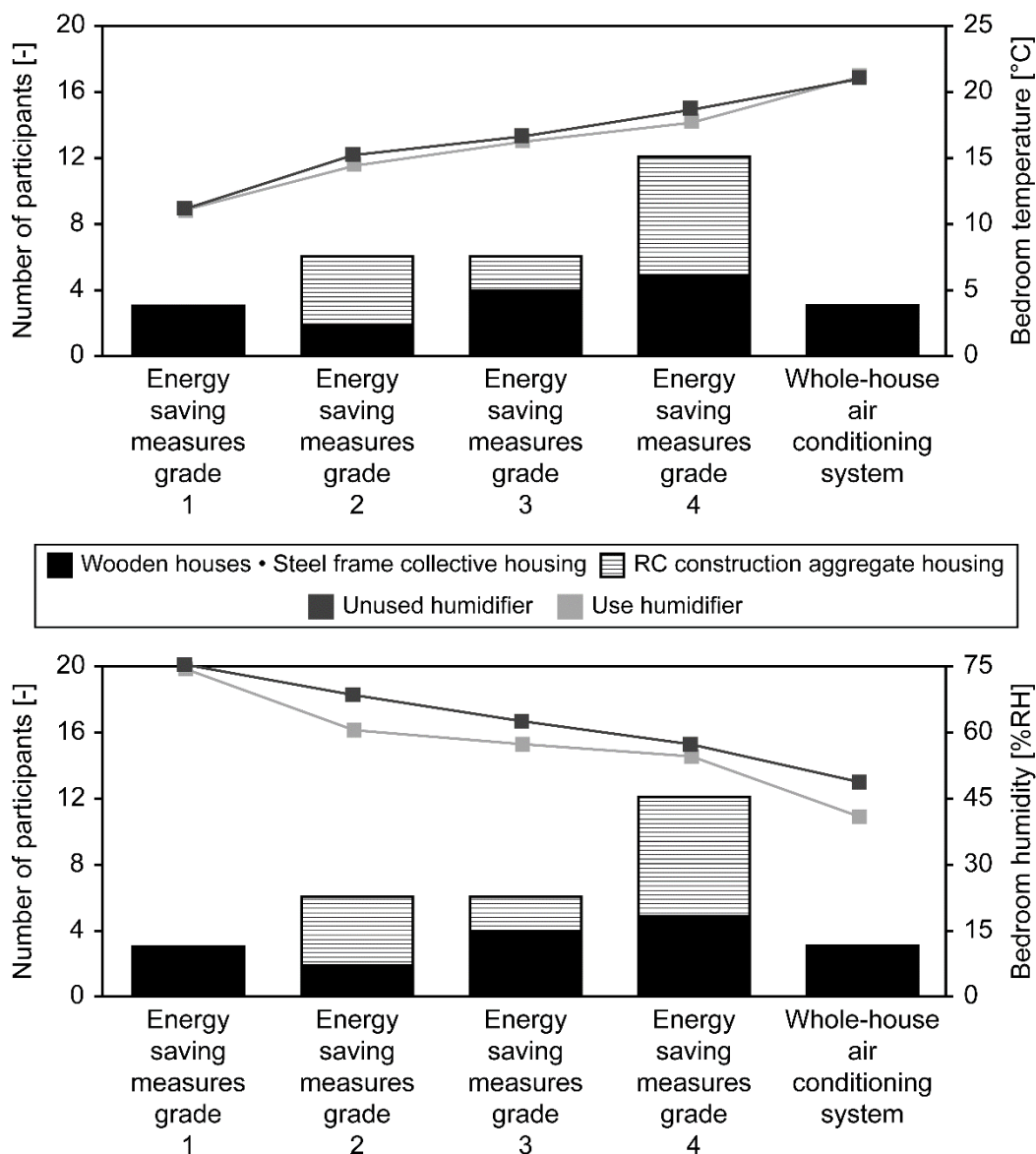


Fig.4.3.1.3 冬期の断熱性能別・住宅種別寝室相対湿度

### 4.3.2 中年者の寝室の温湿度環境

夏期就寝中における加湿機未使用時と使用時の寝室の空気温度と相対湿度、頭部周囲の空気温度と相対湿度、頭部周囲の絶対湿度の平均値を Table 4.3.2.1 に、個人別の温湿度平均値を Fig.4.3.2.1 に示す。加湿機未使用時、加湿男性群の寝室空気温度は 26.7 (1.8) °C と最も低く、頭部周囲の相対湿度は 64.1 (7.3) %RH と最も高かった。未使用時の頭部周囲相対湿度が最も低かったのは、送風男性群の 61.4 (6.6) %RH となった。加湿機使用時の寝室空気温度は送風女性群が 27.6 (2.1) °C と最も高かった。使用時の頭部周囲相対湿度が最も高かったのは加湿女性群の 69.9 (7.8) %RH、最も低かったのは未使用時と同様、送風男性群の 61.4 (6.6) %RH となった。

次に冬期就寝中における加湿機未使用時と使用時の寝室の空気温度と湿度、頭部周囲の温度と相対湿度、頭部周囲の相対湿度の平均値を Table 4.3.2.2 に、個人別の温湿度平均値を Fig. 4.3.2.2 に示す。加湿機未使用時の頭部周囲の相対湿度が最も高かったのは間欠男性群の 58.7 (7.4) %RH、最も低かったのは連続男性群の 50.9 (17.6) %RH となった。加湿機使用時の相対湿度が最も高かったのは連続女性群の 63.8 (14.3) %RH、最も低かったのは間欠女性群の 53.7 (14.0) %RH となった。

Table 4.3.2.1

夏期就寝中の群別温湿度平均値 (SD)

環境	群	加湿機未使用	加湿機使用
寝室温度 (°C)	加湿男性	26.7 (1.8)	26.7 (1.3)
	加湿女性	27.2 (1.1)	27.2 (1.2)
	送風男性	26.9 (1.6)	26.8 (1.5)
	送風女性	27.8 (2.4)	27.6 (2.1)
寝室湿度 (%RH)	加湿男性	65.1 (7.3)	67.5 (9.9)
	加湿女性	63.4 (8.4)	67.8 (9.6)
	送風男性	61.0 (6.2)	63.5 (6.7)
	送風女性	62.8 (8.3)	65.5 (8.2)
頭部周囲温度 (°C)	加湿男性	27.1 (1.9)	27.2 (1.7)
	加湿女性	27.4 (1.2)	28.2 (1.3)
	送風男性	27.0 (2.0)	27.1 (2.1)
	送風女性	27.9 (2.0)	27.8 (1.8)
頭部周囲相対湿度 (%RH)	加湿男性	64.1 (7.3)	68.0 (9.1)
	加湿女性	62.7 (6.9)	67.7 (7.8)
	送風男性	61.4 (6.6)	64.7 (9.3)
	送風女性	62.0 (8.3)	65.1 (8.6)
頭部周囲絶対湿度 (g/kg)	加湿男性	16.9 (3.3)	18.3 (2.1)
	加湿女性	16.7 (2.5)	18.4 (2.7)
	送風男性	15.8 (1.4)	16.5 (1.9)
	送風女性	17.0 (2.5)	17.5 (2.3)

( ) は SD を示す

Table 4.3.2.2

冬期就寝中の群別温湿度平均値 (SD)

環境	群	加湿機未使用	加湿機使用
寝室温度 (°C)	連続男性	19.1 (3.0)	19.5 (3.8)
	連続女性	15.9 (4.7)	16.8 (5.0)
	間欠男性	16.2 (2.7)	16.0 (2.8)
	間欠女性	16.7 (4.5)	17.5 (5.6)
寝室湿度 (%RH)	連続男性	47.9 (17.6)	55.1 (17.5)
	連続女性	56.1 (12.6)	63.8 (14.3)
	間欠男性	54.4 (7.7)	57.2 (6.8)
	間欠女性	51.9 (12.4)	55.1 (14.4)
頭部周囲温度 (°C)	連続男性	18.4 (2.7)	18.7 (3.2)
	連続女性	16.0 (4.6)	16.9 (5.4)
	間欠男性	15.6 (2.5)	15.3 (2.4)
	間欠女性	16.1 (3.8)	17.1 (4.2)
頭部周囲相対湿度 (%RH)	連続男性	50.9 (17.6)	58.0 (17.5)
	連続女性	56.1 (11.1)	63.8 (14.3)
	間欠男性	58.7 (7.4)	62.3 (6.0)
	間欠女性	52.1 (13.0)	53.7 (14.0)
頭部周囲絶対湿度 (g/kg)	連続男性	7.9 (1.7)	8.1 (2.4)
	連続女性	7.4 (1.1)	8.4 (1.9)
	間欠男性	7.9 (1.5)	8.2 (1.6)
	間欠女性	7.0 (0.7)	7.6 (1.6)

( ) は SD を示す

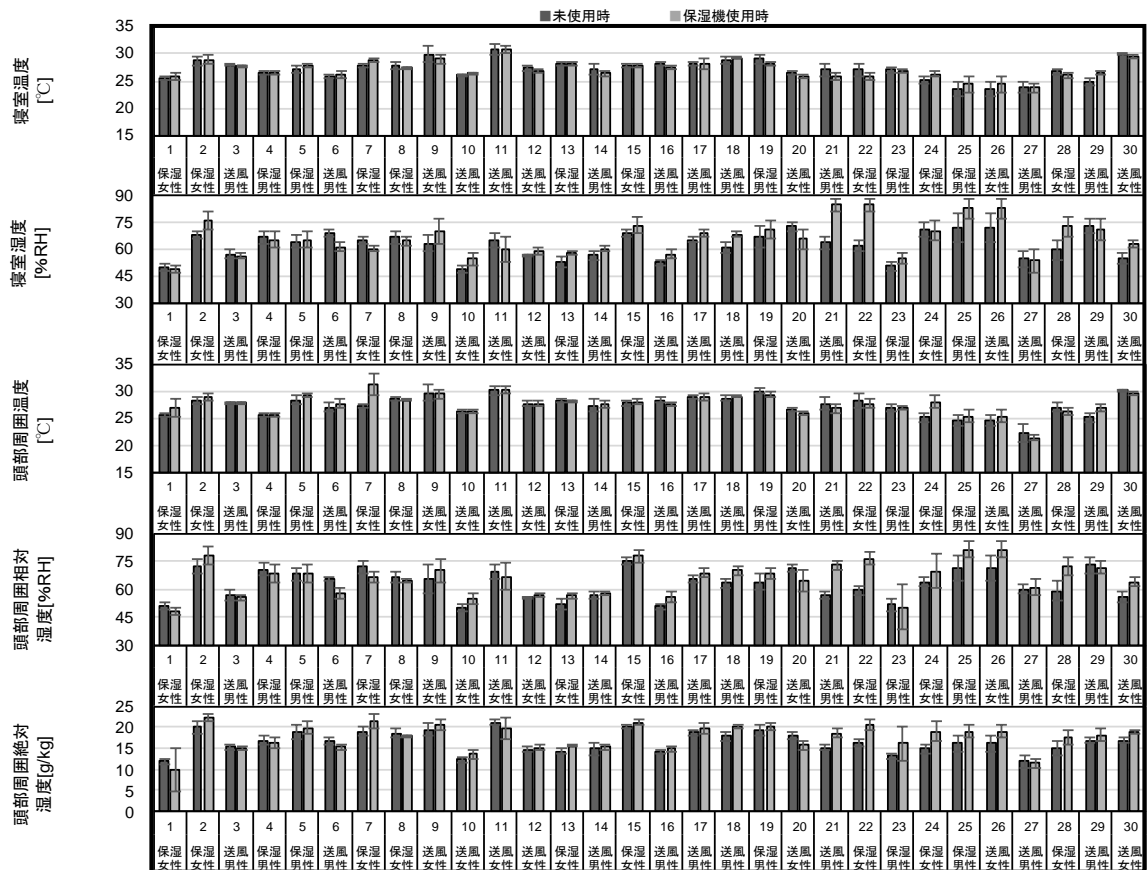


Fig.4.3.2.1 夏期就寝中の個人別温湿度平均値 (SD)

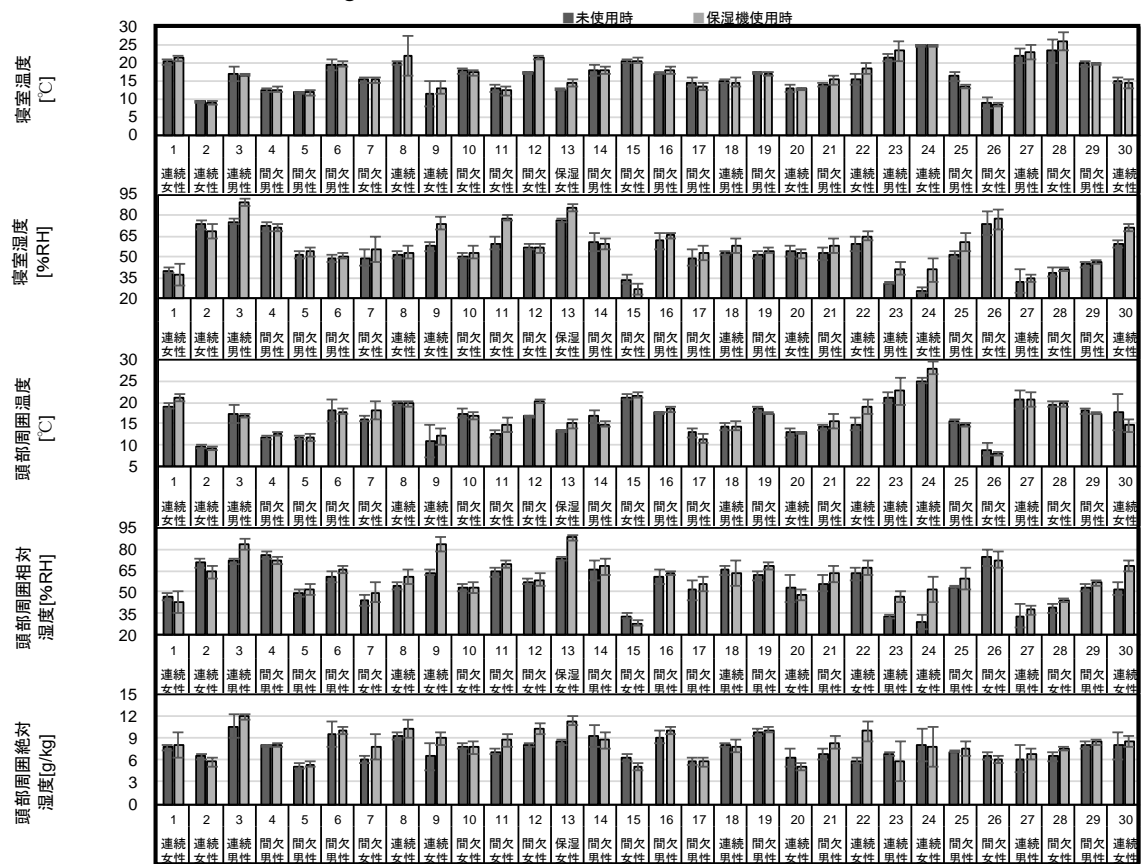


Fig.4.3.2.2 冬期就寝中の個人別温湿度平均値 (SD)

### 4.3.3 皮膚水分率

加湿機未使用時と使用時における起床後の夏期の群別皮膚水分率平均値 (SD)、冬期起床後の群別皮膚水分率平均値 (SD) を Fig.4.3.3.1 に示す。夏期の場合、加湿機使用時の起床後の皮膚水分率が最も改善されたのは加湿男性群で 0.5 (2.1) %の増加、次いで加湿女性群 0.1 (1.1) %となった。送風群は男女ともに皮膚水分率が減少した。条件間、群間ともに有意差はなかった。

冬期の場合、加湿機使用時の起床後皮膚水分率が最も改善されたのは連続女性群で 1.6 (0.9) %の増加、次いで間欠女性群 1.0 (1.4) %であった。連続男性群のみ皮膚水分率が減少した。条件間の比較においては、連続女性群に有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められたが、その他の条件間には有意差がなかった。群間では連続男性群と連続女性群に有意差 ( $p < 0.05$ ) がみられた。

夏期と冬期どちらも加湿機使用時の皮膚水分率は女性群において増加した。女性群は夏期冬期とも就寝中に加湿を促すことにより皮膚水分率が上昇し、冬期において、加湿機使用時の皮膚水分率が男性群より高く維持された。

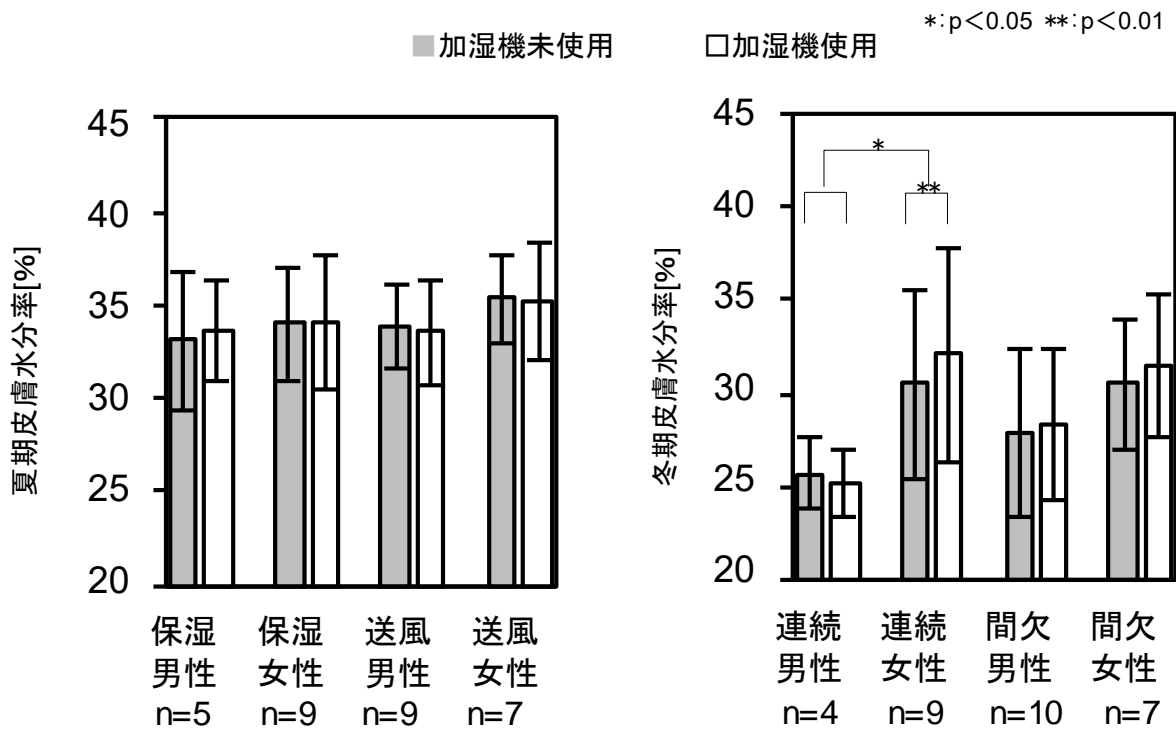


Fig.4.3.3.1 夏期と冬期起床後の群別皮膚水分率平均値 (SD)

#### 4.3.4 睡眠効率と入眠潜時

本節では加湿による睡眠への影響を検証するため、睡眠の質の評価指標として睡眠効率と入眠潜時を用いる。加湿機未使用時と使用時における夏期の睡眠効率と入眠潜時の平均値 (SD) を Fig.4.3.4.1 に示す。加湿機の使用により夏期の睡眠効率が最も改善したのは送風女性群で 1.4 (1.0) %、次いで加湿女性群 0.6 (4.1) %となった。男性群の睡眠効率は加湿、送風ともわずかであるが低下した。有意差は条件間、群間どちらもなかった。また、夏期の入眠潜時はすべての群で増加した。条件間では送風男性群に有意差 ( $p < 0.05$ ) がみられ、群間の有意差はなかった。

次に、冬期の睡眠効率と入眠潜時の平均値 (SD) を Fig.4.3.4.2 に示す。冬期の睡眠効率は加湿機使用時においてすべての群でわずかながら低下した。冬期も夏期同様条件間、群間ともに有意差はなかった。また、冬期の入眠潜時においてはすべての群で入眠潜時が短縮し、改善した。最も短縮したのは連続男性群の 5.0 (3.2) 分、次いで間欠男性群 4.3 (11.5) 分、間欠女性群 3.4 (8.8) 分、連続女性群 1.2 (15.7) 分となった。条件間においては連続男性群に有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められたが群間の有意差はなかった。男性群において、冬期睡眠中の頭部周囲への加湿は寝付きの良さに影響を及ぼした。女性群も同様に寝つきが良くなる傾向は見られたが、有意差は認められなかった。

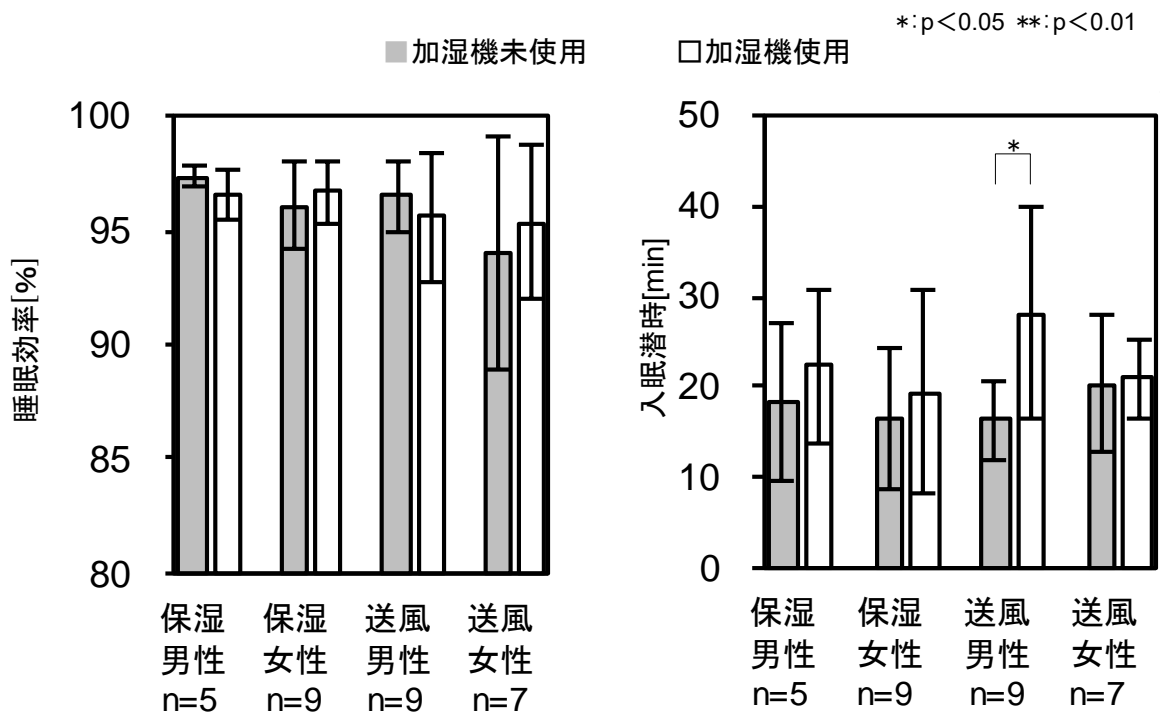


Fig.4.3.4.1 夏期の睡眠効率と入眠潜時平均値 (SD)

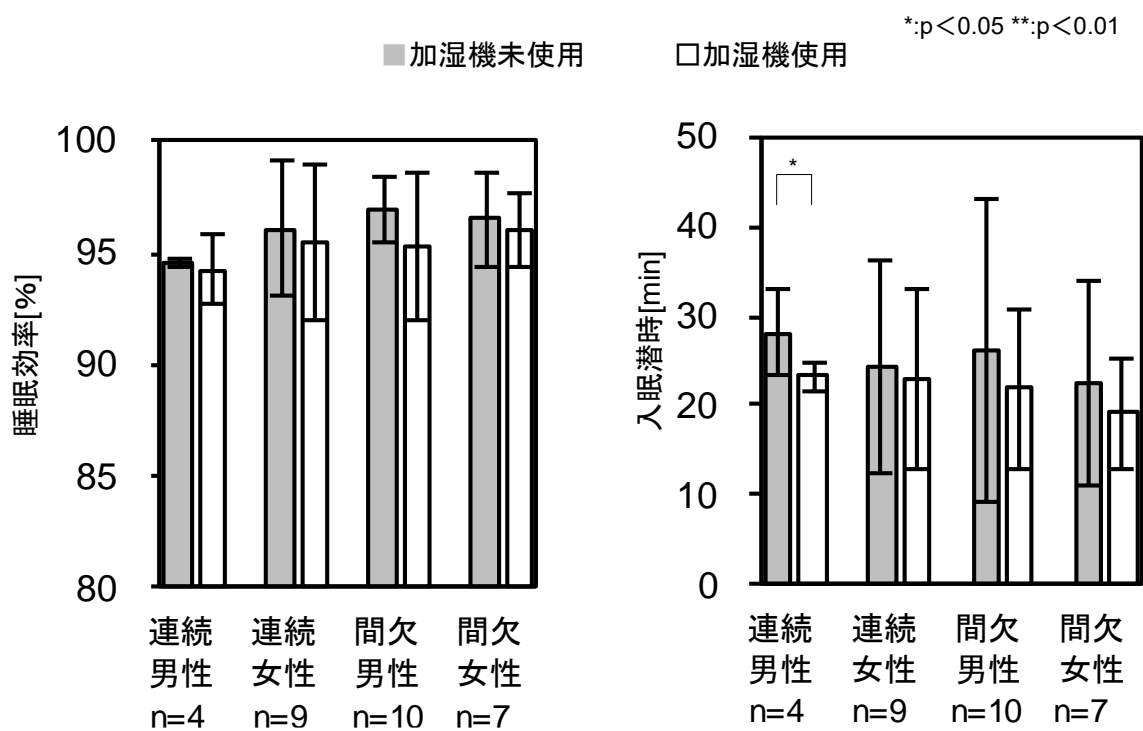


Fig.4.3.4.2 冬期の睡眠効率と入眠潜時平均値 (SD)



---

---

#### 4.3.5 皮膚の肌理画像解析結果

実験開始時の皮膚画像の解析中の一例を Fig.4.3.5.1 に示す。画像はそれぞれ左から順に肌理（キメ）画像の解析が進み線分化している過程を表しており、冬期皮膚画像の参考例が被験者 NO.2 と被験者 NO.30 である。線分化された画像はノイズ処理を行い、輝度画像に変換してから皮溝に関する物理量を算出する。物理量としては、皮溝面積、皮溝平均太さ、皮溝太さのバラツキ、皮溝の間隔、皮溝の平行度、皮溝の方向、皮溝の密度等である。実験前後における皮膚の肌理（キメ）の変化を検討するため、夏期実験開始前と終了時の皮膚画像から算出した物理量を Table 4.3.5.1 と Table 4.3.5.2 に、冬期実験開始前と終了時の皮膚画像から算出した物理量を Table 4.3.5.3 と Table 4.3.5.4 に示す。なお、夏期の加湿女性群および冬期の連続女性群を色付きで記載する。

表中の物理量から導き出した女性被験者の皮膚水分率について、夏期と冬期の結果を Table 4.3.5.5 に、実験前実測値と画像から導き出した予測式による実験後の推定皮膚水分率の群別平均値（SD）を Fig.4.3.5.2 に示す。実験前の皮膚水分率と、実験後の肌理（キメ）画像解析から抽出した物理量を使った予測式より導き出した皮膚水分率について、群別に比較し、t 検定を行った。Table 4.3.5.5 の予測式による実験後の推定皮膚水分率は、実験前の肌理（キメ）画像を解析し、そこから算出した Table 4.3.5.1 と Table 4.3.5.3 の物理量を説明変数に、実験前皮膚水分率を目的変数にして重回帰分析を行い、偏回帰係数  $bi$  を導き出す。次に実験後の肌理（キメ）画像を解析し、算出した Table 4.3.5.2 と Table 4.3.5.4 の物理量に  $bi$  を乗じ、求めている。Table 4.3.5.5 の画像を用いた改善量は、実験

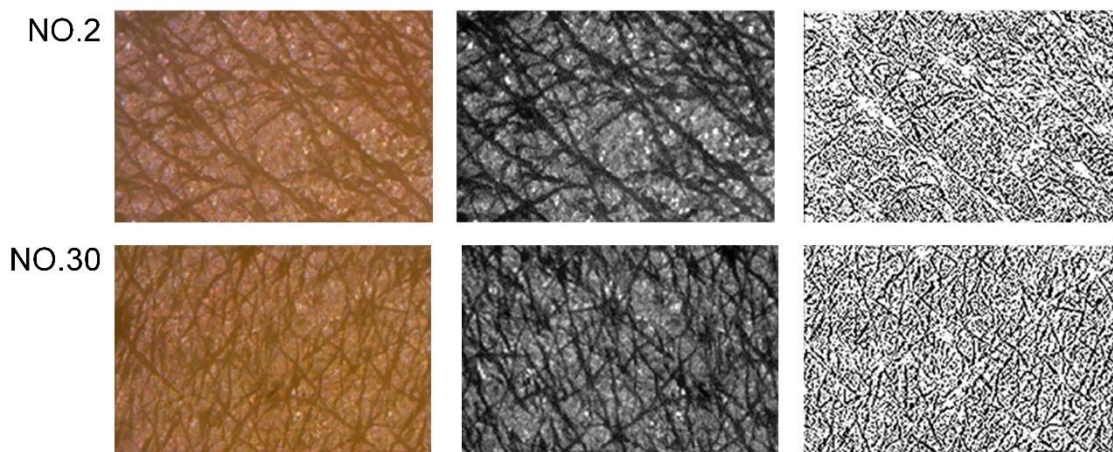


Fig.4.3.5.1 皮膚画像の解析中の一例

後の肌理（キメ）画像を解析し、算出した物理量に  $bI$  を乗じ、求めた推定皮膚水分率と、実験前に計測した皮膚水分率の差を示す。画像解析による夏期実験後の推定皮膚水分率は送風女性群 7 名のうち 4 名低下し、加湿女性群 7 名中 6 名が上昇し、改善された。冬期実験後の推定皮膚水分率は連続女性群の 8 名中 7 名、間欠女性群の 7 名中 6 名上昇し、改善が見られた。Fig.4.3.5.2 より、冬期皮膚水分率は条件間において連続女性群 ( $p<0.01$ )、間欠女性群 ( $p<0.05$ ) と、どちらも有意に差があり、加湿期間後の画像解析を用いた皮膚水分率の改善が見られた。群間は送風女性群と連続女性群 ( $p<0.01$ )、送風女性群と間欠女性群 ( $p<0.05$ ) に有意差があった。

Table 4.3.5.1 夏期実験前の皮膚肌理画像解析結果

算出した物理量	No. 1	No. 2	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 15	No. 20	No. 22	No. 26	No. 28	No. 30
短直線本数_1	17324	16640	13077	13107	16640	15640	15426	12119	12848	15212	15927	14392	14516	17792	
皮溝平均太さ_1	4	3.7	3.31	3.3	3.94	3.69	3.56	3.31	3.17	3.53	3.6	3.45	3.49	3.96	
皮溝太さ分散_1	1.82	1.72	1.47	1.34	1.99	1.64	1.65	1.41	1.2	1.55	1.59	1.5	1.31	2.13	
皮溝間隔_1	2.31	2.22	2.53	2.51	2.37	2.36	2.31	2.73	2.47	2.32	2.26	2.39	2.41	2.23	
皮溝平行度_1	19.47	19.2	21	21.43	15.86	22.99	20.07	23.68	22.55	18.17	16.5	19.66	21.87	16.01	
皮溝密度分散_1	0.49	0.64	0.93	0.47	0.76	0.67	0.66	0.9	0.39	0.56	0.44	0.58	0.46	0.72	
歪度_1	0.44	-0.48	0.2	-0.32	-0.77	-0.1	-0.06	-0.32	-0.18	0.13	0.39	0.3	-0.08	-0.19	
尖度_1	1.99	2.08	1.81	1.92	2.71	1.65	1.83	1.77	1.76	2.01	2.19	1.92	1.72	2.18	
歪度 90-180_1	0.03	-0.04	0.04	0.1	0	-0.02	0.08	-0.13	0.03	0.28	0.26	0.1	-0.02	0.43	
尖度 90-180_1	2.06	2.4	2.14	2.21	2.46	2.44	2.15	2.4	2.21	2.04	2.06	2.15	2.24	2.3	
短直線本数_2	1946	1686	1164	1098	2083	1692	1557	1021	1191	1539	1964	1576	875	2259	
皮溝平均太さ_2	4.12	3.75	3.4	3.29	3.96	3.87	3.6	3.42	3.31	3.64	3.58	3.54	3.59	4.05	
皮溝太さ分散_2	1.81	1.68	1.53	1.27	1.9	1.7	1.7	1.4	1.32	1.52	1.54	1.47	1.21	2.18	
皮溝間隔_2	21.17	22.24	29.18	29.92	19.01	22.9	23.1	33.46	27.8	23.64	18.24	22.48	41.06	17.93	
皮溝平行度_2	12.27	17.88	16.65	19.88	11.67	23.55	17.03	23.71	24.1	11.92	8.37	13.22	18.66	11.73	
皮溝密度分散_2	0.49	0.64	0.93	0.47	0.76	0.67	0.66	0.9	0.39	0.56	0.44	0.58	0.46	0.72	
歪度_2	1.3	-0.78	0.72	-0.5	-1.14	-0.01	0.15	-0.53	-0.17	0.39	1	0.94	0.34	-0.26	
尖度_2	3.68	2.31	2.32	1.89	3.66	1.42	1.78	1.79	1.59	2.26	3.53	3.09	1.57	2.33	
歪度 90-180_2	-0.15	-0.2	0.34	0.03	-0.15	-0.01	0.08	-0.3	0.03	0.52	0.14	0.02	-0.26	0.65	
尖度 90-180_2	2.67	3.33	2.96	2.5	2.75	3.16	2.42	3.17	2.75	2.32	1.95	2.6	3.28	3.09	

網掛け：加湿女性群 白：送風女性群

Table 4.3.5.2 夏期実験後の皮膚肌理画像解析結果

算出した物理量	No. 1	No. 2	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 15	No. 20	No. 22	No. 26	No. 28	No. 30
短直線本数_1	19057	11456	16331	13992	16769	19424	17533	17165	12494	17610	19642	14875	16245	15749	
皮溝平均太さ_1	4.23	2.97	3.77	3.24	3.77	4.35	3.97	4.07	3.16	3.94	4.23	3.49	3.79	3.56	
皮溝太さ分散_1	2	0.94	1.59	1.22	1.87	2.15	1.91	2.21	1.21	1.66	2.21	1.39	1.52	1.51	
皮溝間隔_1	2.22	2.59	2.31	2.42	2.25	2.24	2.27	2.37	2.53	2.24	2.15	2.35	2.33	2.26	
皮溝平行度_1	21.01	20.5	19.81	21.97	17.78	17.86	23.79	19.52	18.22	19.79	16.53	20.3	21.63	15.45	
皮溝密度分散_1	0.3	0.43	0.36	0.34	0.39	0.4	0.58	0.86	0.5	0.29	0.45	0.41	0.3	0.38	
歪度_1	0.07	-0.49	0.08	-0.16	-0.04	0.41	0.25	-0.24	0.13	-0.4	-0.26	0.27	-0.02	0.16	
尖度_1	1.72	2.03	1.83	1.74	2.08	2.04	1.75	1.92	1.94	1.97	2.11	1.89	1.72	2.27	
歪度 90-180_1	-0.05	0	0.18	-0.15	0.31	0.14	-0.05	0.11	0.35	-0.03	0.34	0.03	0.02	0.39	
尖度 90-180_1	2.21	2.59	2.15	2.23	2.08	2.08	2.11	2.2	2.18	2.39	2.37	2.08	2.28	2.1	
短直線本数_2	2291	1133	1515	1309	1825	2437	1897	2164	1103	1705	2490	1435	1183	1856	
皮溝平均太さ_2	4.32	3.01	3.89	3.4	3.73	4.41	4.01	4.14	3.26	4.03	4.27	3.59	3.91	3.62	
皮溝太さ分散_2	2.07	0.96	1.68	1.23	1.79	2.17	1.88	2.15	1.32	1.6	2.24	1.33	1.53	1.49	
皮溝間隔_2	18.86	26.58	25.66	25.97	20.46	18.08	21.14	19.12	29.53	23.66	17.16	24.99	33.03	19.52	
皮溝平行度_2	20.04	17.99	14.42	22.79	13.23	11.14	19.15	18.2	14.71	17.89	12.85	13.63	18.57	8.49	
皮溝密度分散_2	0.3	0.43	0.36	0.34	0.39	0.4	0.58	0.86	0.5	0.29	0.45	0.41	0.3	0.38	
歪度_2	0.32	-0.86	0.35	-0.07	0.19	1.02	0.9	-0.24	0.29	-0.71	-0.37	0.92	0.27	0.39	
尖度_2	1.63	2.34	1.97	1.57	2.37	3.32	2.7	1.84	1.81	2.15	2.13	3.01	1.56	3.2	
歪度 90-180_2	-0.32	0.23	0.29	-0.47	0.59	-0.04	0.05	0.02	0.26	-0.21	0.38	-0.2	-0.15	0.89	
尖度 90-180_2	3.07	3.82	2.58	2.76	2.58	2.27	2.36	2.49	2.32	3.49	2.92	2.48	3.58	3.23	

網掛け：加湿女性群 白：送風女性群

Table 4.3.5.3 冬期実験前の皮膚肌理画像解析結果

算出した物理量	No. 1	No. 2	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 15	No. 20	No. 22	No. 26	No. 28	No. 30
短直線本数_1	15256	12441	14650	9926	9174	16455	15183	10901	9144	11905	9451	14720	10818	16311	18241
皮溝平均太さ_1	3.66	3.13	3.53	2.91	2.81	3.75	3.73	3.04	2.67	3.08	2.8	3.53	3.1	3.72	4.05
皮溝太さ分散_1	1.83	1.2	1.61	1.07	0.95	1.59	1.83	1.17	0.76	1.23	0.93	1.57	1.33	1.79	2.03
皮溝間隔_1	2.4	2.51	2.41	2.93	3.06	2.28	2.46	2.79	2.92	2.59	2.96	2.4	2.86	2.28	2.22
皮溝平行度_1	16.05	18.06	13.18	22.1	18.69	16.07	19.43	14.85	22	22.09	21.62	19.28	17.46	24.25	17.79
皮溝密度分散_1	0.55	0.31	0.52	0.7	0.5	0.21	0.67	0.64	0.37	0.67	0.46	0.47	0.66	0.46	0.51
歪度_1	-0.63	-0.28	-0.17	-0.44	-0.23	-0.38	0.6	-0.12	-0.07	-0.16	0.05	-0.24	-0.01	-0.17	0.25
尖度_1	2.56	2.04	2.52	1.92	2.02	2.3	2.2	2.36	1.79	1.85	1.8	1.97	1.99	1.63	2.05
歪度 90-180_1	0.18	0.22	0.5	-0.21	0.06	0.31	0.03	0.49	0.08	-0.01	0.13	0.1	0.24	-0.18	0.25
尖度 90-180_1	2.38	2.28	2.32	2.44	2.13	2.32	2.01	2.23	2.11	2.04	2.07	2.2	2.13	2.43	2.03
短直線本数_2	1212	931	1677	833	513	1789	1699	1030	498	1044	1743	822	1068	1068	2290
皮溝平均太さ_2	3.57	3.16	3.63	2.93	2.91	3.82	3.83	3.51	2.72	3.12	3.7	2.84	3.51	3.04	4.14
皮溝太さ分散_2	1.55	1.19	1.64	1	0.96	1.81	1.75	1.45	0.76	1.26	1.77	0.95	1.52	1.25	2.1
皮溝間隔_2	29.4	33.9	21.6	35.1	56.6	21.3	22.6	34.1	54.7	29.9	21.2	34.6	32.8	28.4	18.1
皮溝平行度_2	16.6	14.1	7.46	19.8	15.6	27.6	8.83	19.4	20.9	23.1	11.1	18.6	17.6	8.76	11.4
皮溝密度分散_2	0.47	0.31	0.52	0.7	0.5	0.46	0.67	1.21	0.37	0.67	0.55	0.46	0.64	0.64	0.51
歪度_2	-0.3	-0.4	-0	-0.6	-0.2	-0.1	1.77	0.32	0.1	-0.2	-1.1	0.24	0.53	0.03	0.75
尖度_2	1.87	1.87	2.72	1.94	1.91	1.39	6.12	1.77	1.58	1.76	3.57	1.71	1.96	2.6	2.97
歪度 90-180_2	-0.3	-0.1	0.52	-0.6	-0.3	-0.3	-0.3	0.12	0.08	-0.2	-0	0.25	-0.2	0.72	0.44
尖度 90-180_2	2.63	2.64	2.35	4.23	2.86	3.4	2.78	2.94	3.03	2.41	2.64	2.8	2.82	2.89	2.36

色付き：連続女性群 白：間欠女性群

Table 4.3.5.4 冬期実験後の皮膚肌理画像解析結果

算出した物理量	No. 1	No. 2	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 15	No. 20	No. 22	No. 26	No. 28	No. 30
短直線本数_1	13945	15166	16441	10247	14404	10333	14580	17665	10484	11668	20101	17245	21328	19196	16455
皮溝平均太さ_1	3.4	3.61	3.93	2.89	3.62	2.97	3.51	3.9	2.91	3.04	4.43	3.86	4.74	4.27	3.75
皮溝太さ分散_1	1.5	1.57	1.97	0.94	1.76	1.12	1.59	1.78	0.98	1.09	2.28	1.7	2.35	2.21	1.59
皮溝間隔_1	2.44	2.38	2.39	2.82	2.51	2.88	2.41	2.21	2.77	2.61	2.2	2.24	2.22	2.22	2.28
皮溝平行度_1	17.35	21.58	20.38	23.17	18.68	19.69	21.03	19.2	26.21	25.43	19	21.54	21.9	22.68	16.07
皮溝密度分散_1	0.53	0.39	0.51	0.36	0.63	0.52	0.66	0.32	0.49	0.47	0.39	0.39	0.47	0.43	0.21
歪度_1	0.46	0.07	-0.49	0.32	-0.25	0.29	0.02	-0.34	0.07	0.05	-0.38	-0.11	-0.13	0.01	-0.38
尖度_1	2.24	1.74	2.02	1.83	1.95	1.97	1.79	2.08	1.6	1.62	1.99	1.8	1.72	1.69	2.3
歪度 90-180_1	0.36	0.02	-0.15	-0.05	0.09	0.05	0.02	0.17	-0.15	-0.14	-0.1	0.11	-0.07	0	0.31
尖度 90-180_1	2.08	2.16	2.35	2.05	2.28	1.98	2.14	2.19	2.18	2.18	2.3	2.14	2.26	2.2	2.32
短直線本数_2	1606	1343	1657	709	1375	837	1600	2062	670	865	2507	1776	2596	2279	1794
皮溝平均太さ_2	3.35	3.63	4	3	3.74	3.09	3.49	4.03	3	3.09	4.45	4.01	4.76	4.32	3.82
皮溝太さ分散_2	1.49	1.59	1.96	0.86	1.76	1.13	1.45	1.81	1.03	1.07	2.31	1.68	2.28	2.12	1.6
皮溝間隔_2	20.8	27	24.2	42.3	27.2	36.9	21.8	19.6	44.8	35.7	17.8	22.6	18.4	19	21.3
皮溝平行度_2	10.1	20.2	19.1	20.2	16.1	10.8	19.4	16.3	27.2	25.7	16.6	21.7	22.6	23.4	11.3
皮溝密度分散_2	0.53	0.39	0.51	0.36	0.63	0.52	0.66	0.32	0.49	0.47	0.39	0.39	0.47	0.43	0.21
歪度_2	0.95	0.4	-0.8	1	-0.4	1.24	0.27	-0.5	0.56	0.55	-0.5	-0	-0.1	0.19	-0.5
尖度_2	3.48	1.8	2.28	2.69	1.88	3.9	1.83	2.33	1.73	1.83	2.01	1.71	1.55	1.56	2.45
歪度 90-180_2	0.55	-0	-0.5	-0.5	-0.2	0	-0.3	0.2	-0.1	-0.1	-0.6	0.23	-0.3	-0.2	0.22
尖度 90-180_2	2.67	3.01	3.2	3.09	2.88	2.1	2.76	2.64	2.8	2.67	2.87	2.51	2.87	3.09	2.56

色付き：連続女性群 白：間欠女性群

Table 4.3.5.5 物理量から導き出した夏期と冬期の女性被験者の皮膚水分率

No.	実験前 皮膚水分率 (%)	予測式による実験後の 推定皮膚水分率 (%)	画像による 改善量 (%)	No.	実験前 皮膚水分率 (%)	予測式による実験後の 推定皮膚水分率 (%)	画像による 改善量 (%)
1	28.14	32.76	4.62	1	25.56	35.18	9.62
2	37.52	48.28	10.76	2	33.13	42.34	9.21
7	35.79	30.70	-5.09	7	31.30	35.88	4.58
8	33.87	37.89	4.02	8	22.80	32.40	9.60
9	33.82	35.77	1.95	9	24.37	34.00	9.63
10	35.43	25.92	-9.51	10	37.46	30.18	-7.28
11	34.73	24.03	-10.70	11	26.24	28.78	2.54
12	34.13	31.80	-2.33	12	31.59	35.90	4.31
13	37.21	38.87	1.66	13	27.91	33.50	5.59
15	33.38	34.23	0.85	15	25.73	34.62	8.89
20	34.53	35.40	0.87	20	34.09	35.03	0.94
22				22	36.12	41.05	4.93
26	35.86	31.76	-1.63	26	30.74	44.89	14.15
28	28.60	32.23	3.63	28	31.40	40.90	9.50
30	39.30	41.94	2.64	30	35.77	38.22	2.45

色付き：加湿女性群 白：送風女性群

色付き：連続女性群 白：間欠女性群

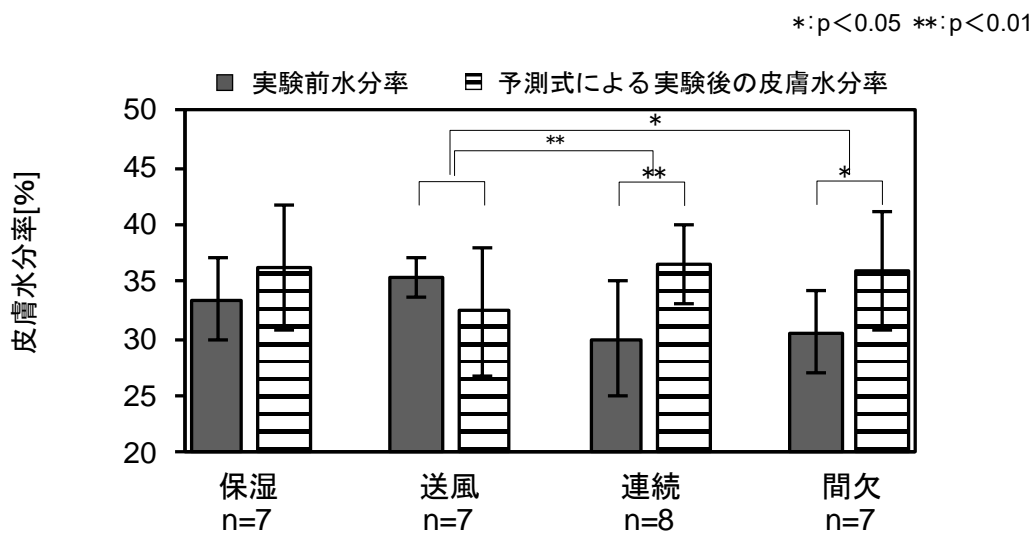


Fig.4.3.5.2 実測値（実験前）と予測式（実験後）による女性皮膚水分率群別平均値（SD）

#### 4.4 考察

##### 4.4.1 局所加湿が及ぼす睡眠への影響

パーソナル加湿機は室内全体の湿度を抑え、顔周りに集中加湿をする。夏期において頭部周囲への加湿を伴った睡眠は、元々湿度の高い環境に加湿を行うことで不快感を増し評価が低下することが考えられる。Fig.4.4.1.1 に送風群を除いた加湿群全ての睡眠主観評価を、Fig.4.4.1.2 に加湿群全ての入眠潜時を示す。夏期加湿機使用時の睡眠主観評価値は未使用時と比べ差がなく、不快感との関係は認められなかったものの、実測値の入眠潜時が長くなっており、入眠を阻害していた。冬期については Fig. 4.4.1.2 に示した入眠潜時の実測値が有意差はないものの短縮しており、Fig. 4.4.1.1 の寝つき良さの主観評価値と一致した。低湿度環境での顔周りの加湿は寝つきが良くなる傾向が見られた。冬期において、局所加湿の効果は入眠潜時には有効と考えるが、睡眠効率が下がってしまった。睡眠効率を維持するためには入眠時のみ加湿を行うなど、加湿する時間帯に工夫が必要である。

寝室の相対湿度が睡眠にもたらす影響についてはこれまで様々な報告がある [11]。睡眠時の寝室湿度の影響、とくに高湿度環境下での睡眠は睡眠の質を低下させ、湿度 50%RH 前後での睡眠環境が推奨されている。青年男性を対象にした既往の睡眠研究において、気温 29℃でトランクスのみで寝た場合の湿度の影響は、相対湿度 50%と 75%で比較した Okamoto et al. [12]では皮膚温、直腸温、発汗量などの体温調節反応には全く違いはない

が、徐波睡眠は高湿の方が約 10%少ないという結果を示している。また、夏用パジャマのみ着用の青年男性を対象にした成ら [13]の研究では、(26℃/75%) が (28℃/40%) より睡眠段階 1 が有意に多くなっており、寝つきの主観評価も悪くなった。川島ら [14]は、28℃環境で T シャツ短パン着用、タオルケット使用の青年男子について相対湿度 40%、60%、80%を比較すると睡眠に有意差はないと報告している。このように、室内相対湿度下での全身暴露の検討はなされているものの、狭小範囲に集中加湿し、局所暴露を行うような湿度の影響については検討されていない。

久保ら [15]が行った成人男性を対象にした立体形状マスク着用時の睡眠調査では、呼気による吸気の加温加湿により常にマスク内が加湿され、12 名中 6 名の睡眠深度が深くなったと報告している。マスク効果による鼻やのどの加湿が睡眠に良い影響を与えていたと考えられる。睡眠の質の低下には夜間口腔乾燥の自覚症状があり、改善するためにはドライマウスへの対処が重要である [16]。また、重度の睡眠時無呼吸症候群の治療を目的として使用される CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) は装着したマスクからチューブにより強制的に空気を送り、睡眠中の呼吸を助ける装置である。Nilius et al. [17]が行った睡眠時無呼吸症候群患者を対象とした冬季の調査では、14℃の寝室において CPAP を加熱加湿 (ThermoSmart®) 制御することにより中途覚醒が大幅に減少し、深い睡眠 (睡眠段階 3 および 4) が有意に増加した。Galetke et al. [18]は湿度の高い熱帯気候地域におい

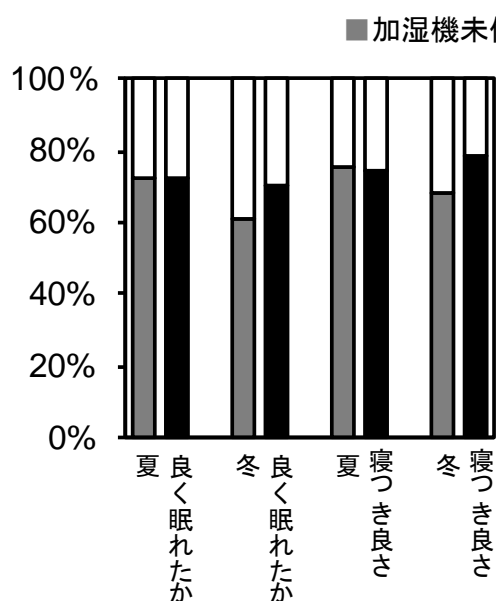


Fig. 4.4.1.1 加湿群の睡眠主観評価

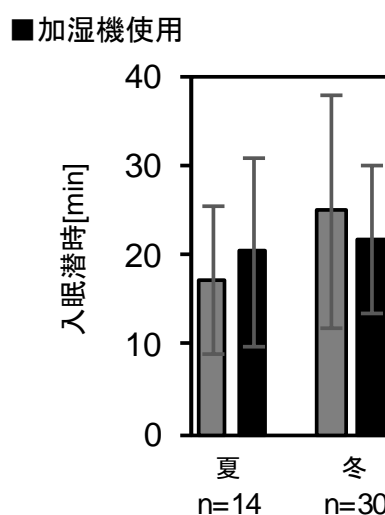


Fig. 4.4.1.2 加湿群の入眠潜時平均値 (SD)

---

---

て睡眠時無呼吸症候群患者を対象に加熱加湿した CPAP の有効性についての調査を行っている。従来の CPAP 群と比較して加熱加湿した CPAP 群は生活の質が改善した。乾燥した喉の痛みの顕著な減少は、加熱加湿の CPAP を使用した場合にのみ認められ、これが生活の質の改善に関連する可能性があるとして結論付けている。本研究での加湿が及ぼす睡眠への結果は、パーソナル加湿機を使うことによって環境が改善し、顔周りに集中加湿することで鼻やのどを加湿し、睡眠に良い影響を与えていたことを示唆するものと言える。

これらの結果はある一定の条件下においての効果を示すものであるため注意が必要である。日常生活において周囲環境からの様々な影響がある中、睡眠中に加湿をすることにより「身体的、精神的負担」が軽減する可能性は十分高いと思われる。メカニズムの検証はなされていないが、今回の検証を踏まえると因果関係を無視できない。再現性に関する論理は弱いため、現段階での仮説については今後さらなる検証が必要と考える。仕事や家事を行いながら 2 週間の実験を続けることによる影響を受けない被験者はいないと思われるので、これについては今後の検討事項としたい。

今回は就寝中の寝室温度を各被験者の好みで設定している。夏期送風男性群の被験者は他の群と違い、寝室環境条件である設定温度に個人差が見られた。そのため低温度設定のエアコン使用者とエアコン未使用者が混在し、結果として就寝中の各被験者宅の温度差が他の群より大きくなった。実測結果より、23℃～25℃の低温度環境でエアコンを使用する送風男性群の被験者は、とりわけ入眠潜時が長くなっていた。エアコン気流と送風モードの相乗作用による入眠時の覚醒が考えられる。森戸ら [19]が行った天井冷房とエアコン冷房を比較した睡眠実験によれば、エアコン冷房の方が冷刺激となり、睡眠を阻害する可能性があることを示唆していた。冷刺激により送風男性群の入眠潜時が長くなった結果に反映しているのではないかと推察する。

---

---

#### 4.4.2 睡眠時の加湿が及ぼす皮膚水分率・皮膚肌理への影響

開原ら [20]は、皮膚水分率は室内の気温や相対湿度よりも室内の絶対湿度と高い相関を示すことを報告している。頭部周囲の絶対湿度と Fig.4.3.3.1 の結果を鑑みて、本実験では連続女性群においてその傾向が明らかとなった。冬期は低湿度なため寝室の乾燥度合いの影響が夏期以上に強くなると考えられる。連続男性群と連続女性群の皮膚水分率に有意差がみられた。このような差の背後にある理由として、通常の喫煙（男性の参加者の半分が通常の喫煙者であった）が男性の皮膚の水分量を減らすと考えられる。一般に、喫煙は皮膚の健康と外観に影響することが知られている。さらに、女性はスキンケアに重点を置いており、乾燥を防ぐために皮膚は常にローションとクリームで保護されているため、皮膚のバリア機能が準備されるという影響もあると推定される。皮膚内から水分を逃がさないで、皮膚を外部刺激から保護する。バリア機能を備えた皮膚は、損傷した皮膚と比較して高い水分含有量を保持している。喫煙が皮膚に悪影響を与えることは明らかである。[21,22]非喫煙者の参加者に関しては、非喫煙男性の数が限られているため、結果は省略した。ただし、非喫煙男性参加者についても同様の結果が得られた。したがって、睡眠中の男性喫煙者の顔の皮膚の健康に対する加湿環境の影響を研究する大きな可能性がある。

本実験で使用した加湿機の性能上、連続運転は 4 時間が限度であることから、寝室の湿度が極端に低い場合、被験者の睡眠時間が長くなればなるほど加湿機の停止時間が増加し、皮膚水分率の低下が進むと考えられる。表 4.3.5.2 と表 4.3.5.4 の加湿後に算出した皮膚物理量を比較するため、個体差が著しい短直線を除いた群別の皮膚物理量平均値 (SD) を Table 4.4.2.1 に示す。肌理 (キメ) の評価に影響を与えている皮溝平均太さ、皮溝平均太さ分散、皮溝密度分散の最も数値の小さい群を網掛けで表示した。荒川ら [23]は 1 年の中で冬季に皮溝の幅が太くなり、肌理 (キメ) が粗くなると報告している。

加湿女性群は夏期、連続女性群と間欠女性群は冬期の結果であることから、肌理 (キメ) については過去の報告と一致した。睡眠中の加湿が冬期の皮溝太さの改善に効果があったと考えられる。パーソナル加湿機を使うことによって、環境が改善し、睡眠という長い時間の皮膚の加湿により肌の肌理 (キメ) が改善されることが示唆された。

加齢とともに肌理 (キメ) の不均一性は増加し、肌理 (キメ) が乱れることがわかっている [24]。さらに経表皮水分蒸散量の値が小さい肌比べて大きい肌では肌理 (キメ) が粗く、肌理 (キメ) と生理量には関連性がある [23]。肌状態に関する意識を調査したところ、肌理 (キメ) が細かくみずみずしいなど肌に水分が十分に保持された状態が必要であるこ



とが示された [25]。長崎ら [26]によれば 30 代と 40 代それぞれで年齢幅の近い女性を対象に、見た目年齢と実年齢，肌状態，顔形状，生体指標，肌印象・魅力印象との関連について検討した結果、目じりのしわ、しみ、たるみが見た目年齢に影響することが示された。また、見た目年齢と肌印象・魅力印象とは強く関連しており、顔形状よりも肌状態が強く影響していた。これらのことから皮膚水分率が上昇することで肌理（キメ）が整い、見た目年齢に良い影響を及ぼすことが示唆された。

Table 4.4.2.1 実験後の群別皮膚物理量平均値 (SD)

算出した物理量	加湿女性	送風女性	連続女性	間欠女性
皮溝平均太さ_1	3.59 (0.4)	3.92 (0.3)	3.56 (0.5)	3.77 (0.6)
皮溝太さ分散_1	1.45 (0.3)	1.89 (0.3)	1.54 (0.4)	1.73 (0.5)
皮溝間隔_1	2.38 (0.1)	2.27 (0.1)	2.46 (0.2)	2.42 (0.2)
皮溝平行度_1	20.42 (1.2)	18.75 (2.6)	20.45 (3.1)	21.47 (2.0)
皮溝密度分散_1	0.36 (0.1)	0.5 (0.2)	0.42 (0.1)	0.48 (0.1)
歪度_1	-0.11 (0.2)	0.08 (0.2)	-0.03 (0.3)	-0.08 (0.2)
尖度_1	1.85 (0.1)	2.01 (0.2)	1.93 (0.2)	1.84 (0.2)
歪度 90-180_1	0.05 (0.2)	0.18 (0.2)	0.07 (0.2)	-0.02 (0.1)
尖度 90-180_1	2.29 (0.1)	2.15 (0.1)	2.19 (0.1)	2.19 (0.1)
皮溝平均太さ_2	3.69 (0.4)	3.97 (0.3)	3.63 (0.5)	3.83 (0.6)
皮溝太さ分散_2	1.48 (0.3)	1.86 (0.3)	1.54 (0.4)	1.69 (0.4)
皮溝間隔_2	26.18 (4.1)	20.07 (2.4)	27.97 (9.5)	25.06 (7.3)
皮溝平行度_2	18.06 (2.7)	13.81 (3.5)	17.92 (5.2)	19.61 (4.6)
皮溝密度分散_2	0.36 (0.1)	0.5 (0.2)	0.42 (0.1)	0.48 (0.1)
歪度_2	-0.06 (0.5)	0.4 (0.5)	0.18 (0.6)	0.13 (0.6)
尖度_2	1.86 (0.3)	2.65 (0.5)	2.22 (0.6)	2.18 (0.8)
歪度 90-180_2	-0.05 (0.3)	0.24 (0.4)	-0.05 (0.3)	-0.18 (0.2)
尖度 90-180_2	3.09 (0.5)	2.62 (0.3)	2.8 (0.2)	2.76 (0.3)

( ) は SD を示す



---

---

#### 4.5 第4章のまとめ

本研究は皮膚表面特性と居住環境要因の関連性を明らかにすることを目的とし、まずは中年被験者男女30名を対象に、住宅での睡眠中の温湿度環境調査および睡眠前後の皮膚と睡眠について定量的に検討した。次に睡眠中にパーソナル加湿機を用いた場合を比較し、評価を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 冬期就寝時の寝室の湿度環境は、最も低い被験者宅で25.8%、最も高い被験者宅では76.7%RHと個人差が著しい結果となった。住宅種別において、断熱性能が高い全館空調住宅では乾燥が目立ち、築年数が古い木造住宅に湿潤する傾向が見られ、過去の報告との一致を見た。

(2) 女性群において、夏期冬期とも就寝中に加湿を促すことにより皮膚水分率が上昇し、実測値において加湿機使用時の皮膚水分率は高く維持された。

(3) 冬期睡眠時に顔周りを集中的に加湿することは入眠潜時を短縮し、寝付きを良くする傾向が見られたが有意差はなかった。冬期において、局所加湿の効果は入眠潜時には有効と考えるが、睡眠効率が下がってしまった。睡眠効率を維持するためには入眠時のみ加湿を行うなど、加湿する時間帯に工夫が必要である。

(4) 皮膚表面の肌理（キメ）画像解析においても有意に加湿性に優れることが認められ、加湿環境の有効性が示唆された。乾燥度の高い冬期においては、実測値だけでなく画像解析においても有意差がみられ、抗加齢効果の可能性が見込まれた [27]。

---

---

## 参考文献

- [1] 日本抗加齢医学会, [www.anti-aging.gr.jp](http://www.anti-aging.gr.jp), (2016,11)
- [2] Christensen K, Thinggaard M, McGue M, Rexbye H, Hjelmberg JV, Aviv A, Gunn D, van der Ouderaa F, Vaupel JW.: Perceived age as clinically useful biomarker of ageing: cohort study. *British Medical Journal*. 339, b5262. (2009)
- [3] 土井由利子: 日本における睡眠障害の頻度と健康影響, *保健医療科学*, 61(1), pp.3-10. (2012)
- [4] 岡野由利, 赤崎秀一, 小出千春, 白石泰規, 曾根俊郎, 高橋元次, 広瀬統, 舛田勇二, 松江浩二, 松本克夫, 宮本久喜三, 三村邦雄: シワ評価法に関する検討 第1報—シワモデル標準板を用いた各種シワ測定法の比較検討—*香粧会誌*, 28(2), pp.90. (2004)
- [5] 広瀬統, 赤崎秀一, 岡野由利, 小出千春, 白石泰規, 曾根俊郎, 高橋元次, 舛田勇二, 松江浩二, 松本克夫, 宮本久喜三, 三村邦雄: シワ評価法に関する検討 第2報—シワ石膏モデルを用いたシワ計測—*香粧会誌*, 28(2), pp.96. (2004)
- [6] 赤崎秀一, 岡野由利, 小出千春, 白石泰規, 曾根俊郎, 高橋元次, 広瀬統, 舛田勇二, 松江浩二, 松本克夫, 宮本久喜三, 三村邦雄: シワ評価法に関する検討 第3報—リングテストによるシワレプリカの評価—*香粧会誌*, 28(2), pp.102. (2004)
- [7] 村上泉子, 川村亜希, 顧潔, 丹野修 (2006) : 女性顔面各部位における毛穴の3次元形状解析と年齢変化の要因, *香粧会誌* 30(4), pp.237-244
- [8] 小林宏, 橋本卓弥, 山崎和広, 平井義和: 画像解析による肌のきめの定量的指標の提案と実用化, *日本機械学会論文集 (C編)*, Vol.76, No.764, pp.922-929. (2010)
- [9] スカラ株式会社: 小型高精度肌水分計の開発と測定について, *日本化粧品科学会* (1996)
- [10] 山本学, 伊賀 富栄, 清水 美衣, 小原さおり, 浦野哲哉青木琢也, 阿部直, 吉井文均: マット型睡眠計の有用性に関する検討, *睡眠医療, 睡眠医学・医療専門誌*, 6(3), pp.473-480. (2012)
- [11] 都築和代: 温熱環境と睡眠環境, *日本生気象学会誌*, 50(4), pp.125-134. (2014)
- [12] Kazue Okamoto-Mizuno, Koh Mizuno, Saeko Michie, Akiko Maeda, Sachiko Iizuka: Effects of humid heat exposure on human sleep stages and body temperature. *Sleep*, 22, pp.767-773. (1999)
- [13] 成恩貞, 木福清信, 栃原裕, 駒野宏: 中等度温域における湿度の違いが睡眠に及ぼす影響, *日本生理人類学会誌*, (5), pp.68-69. (2000)

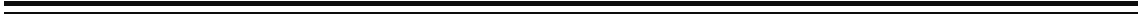
- 
- 
- [14] 川島 庸, 垣鏝直, 井上義美: 睡眠時の湿度条件が心理・生理反応に及ぼす影響に関する実験的研究, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, (26), pp.203-206. (2002)
- [15] 久保伸夫, 宗本由美, 石神真, 宮沢清, 吉田良子: 立体形状マスク睡眠時装用のコンプライアンスと咽頭所見および睡眠状態への影響, 口咽科, 21(1), pp.74. (2008)
- [16] 池田裕子, 岡本真理子, 山本健, 今村武浩, 山近重生, 斎藤一郎, 中川洋一: ドライマウス患者における睡眠の質の評価とその低下に関連する因子歯科薬物療法, 33(1), pp.10-17. (2014)
- [17] Nilius G, Domanski U, Franke KJ, Ruhle KH.: Impact of a controlled heated breathing tube humidifier on sleep quality during CPAP therapy in a cool sleeping environment *European Respiratory Journal*, 31, pp.830-836. (2008)
- [18] Galetke W, Nothofer E, Priegnitz C, Anduleit N, Randerath W.: Effect of a Heated Breathing Tube on Efficacy, Adherence and Side Effects during Continuous Positive Airway Pressure Therapy in Obstructive Sleep Apnea., *Respiration*, 91(1), pp.18-25. (2016)
- [19] 森戸直美, 西宮肇, 都築和代: 冷房の気流が睡眠と皮膚温に及ぼす影響—被験者実験による冷房方法の比較— 空気調和・衛生工学会論文集, 35(161), pp.19-27. (2010)
- [20] 開原典子, 高田暁: デスクワーク中の室内温湿度変化に伴う皮膚含水率の実態調査, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, (37), pp.117-120. (2010)
- [21] Keitaro Nomoto, Masayuki Yagi, Seizaburo Arita, Mari Ogura, Yoshikazu Yonei: Skin Accumulation of Advanced Glycation End Products and Lifestyle Behaviors in Japanese, *Japanese Society of Anti-aging Medicine*, Oct, pp.165-173. (2012)
- [22] Ernster VL, Grady D, Miike R, Black D, Selby J, Kerlikowske K.: Facial wrinkling in men and women, by smoking status., *AJPH*, 85, pp.78-82. (1995)
- [23] 荒川尚美, 大西浩之, 舛田勇二: ビデオマイクロスコープを用いた皮膚の表面形態解析法の開発とキメ・毛穴の実態調査, 粧技誌, 41(3), pp.173-180. (2007)
- [24] 熊谷広子, 渡辺弘子, 神津登志枝, 野口ひろみ, 高橋元次: 加齢に伴う顔面皮膚の生理的, 形態的变化 (第1報) 日本女性の加齢変化, 粧技誌, 23(1), pp.9-21. (1989)
- [25] 大江昌彦, 谷田佳子, 山村達郎: 角質層の光学特性におよぼす水分量の影響—透明感との関連性についての考察— 香粧会誌, 35(4), pp.333-337. (2001)
-

- 
- 
- [26] 長崎美美,村上泉子: 見た目年齢判断に影響する要因 —30代と40代女性の素顔での検討—日本化粧品技術者会誌, 50 (1), pp.17-24. (2016)
- [27] 皮膚の測定・評価法バイブル, 技術情報協会, 東京 (2013)

---

---

第 5 章  
全館空調住宅居住者の  
睡眠に関する調査  
(夏期・冬期)



---

---

## 第5章 全館空調住宅居住者の睡眠に関する調査（夏期・冬期）

### 5.1 研究目的

近年、住宅の省エネルギー・低炭素化が強く求められており、高気密高断熱住宅の普及が推進されている。また居住環境の温熱快適性・健康性を実現する手法として、換気と冷暖房を一体化したダクト式全館空調住宅が、次世代型のシステム住宅としてにわかに注目されている。本研究は、空気循環式全館空調システムの温熱快適性に注目し、実際に居住者が生活する24時間連続運転の全館空調方式が備えられた住宅における温熱環境と、全館空調住宅の居住環境が睡眠にどのような影響を与えているかを明らかにすることを目的とする。全館空調住宅で生活する中年者を対象に、夏期および冬期の睡眠環境と皮膚への影響、血圧の変化について調査を行い、2015年度夏期と冬期に実施した個別空調住宅居住者の結果 [1] と比較を行った。とくに低湿度になり乾燥しやすい冬期は加湿機を頭部周囲に使用した場合についても検証を行う [2]。なお、示した結果の一部には既報 [3] にて発表した内容を含む。

## 5.2 方法

### 5.2.1 実験環境・期間

2016年夏期と2017年冬期、東京近郊の全館空調住宅に居住している者を対象に、睡眠および環境実験を対象者の自宅寝室にて実施した。比較対象としている個別空調住宅居住者の実験は2015年夏期と2016年冬期に実施したデータを使用している。Table 5.2.1.1に実験期間および条件を示す。

### 5.2.2 実験対象者

実験対象者は全館空調住宅在住の中年男女で、夏期6名(男性4名女性2名)、冬期5名(男性4名女性1名)の延べ11人であった。男女比は夏期男性4:女性2、冬期男性4:女性1である。試験期間中は毎日規則正しく生活し、激しい運動やアルコール摂取、日焼けを控えてもらうよう徹底した。皮膚の計測を行うため、実験期間中の毎日のスキンケアについても、エステや特別な道具を使わず、計測時に同じ皮膚状態を保つようお願いした。男性には髭を蓄えている該当者がおらず、皮膚水分率はFig.1、Dの頬中央部位で計測しているため、剃刀の影響は考慮しなかった。

Table 5.2.1.1 実験概要及び条件

Experiment location	Whole-house air-conditioning ventilation system housing/ <b>Participant's bedroom</b>		
Measurement duration	Summer: September 5 - September 12, 2016 (conditions 7 days)  Winter: February 5 - February 27, 2017 (7 days for each condition, for a total of 14 days) ※ 5 days excluding the previous 2 days have been used for analysis		
Temperature and Humidity Condition	Continuous measurement by thermorecorder		
Air- Conditioning Condition	Continue to use for 24 hours, declare settings		
Experimental Condition	Summer: 24 h continuous operation	Winter (First half): 24h continuous operation	Winter (Second half): 24h continuous operation  + humidifier
Participant	Summer: 6 middle-aged males and females (43 to 58 years old)  Winter: 5 middle-aged males and females (43 to 58 years old)		



---

---

実験者は対象者へ研究内容を十分に説明し、書面で全員の承諾を得た。対象者はすべての研究上の手続きが開始される前に、研究内容について説明を受けた。研究内容について理解した後、文書による同意を与えた。すべての対象者は、同意説明文書の内容を確認し、ヘルシンキ宣言に則り、研究内容を十分に理解した上で、同意説明文書に署名してもらった。

### 5.2.3 実験条件

寝室の空調設定は24時間連続使用を前提とした毎日の申告によるものとし、実験期間中の2週間は設定温度を一定とし、常に変えないようにしてもらった。調査期間は夏冬各2週間とし、冬期のみパーソナル加湿機を使用しない条件と使用する条件での計測を各7日間行った。加湿機は頭部周囲のみを局所的に加湿できる。環境については加湿による相対湿度への影響を考慮し、期間前半を無加湿、後半を加湿条件とした。空調は必ず24時間稼働させ、設定温度の指定は行わず、対象者の好みの温度で普段通りに使用してもらった。

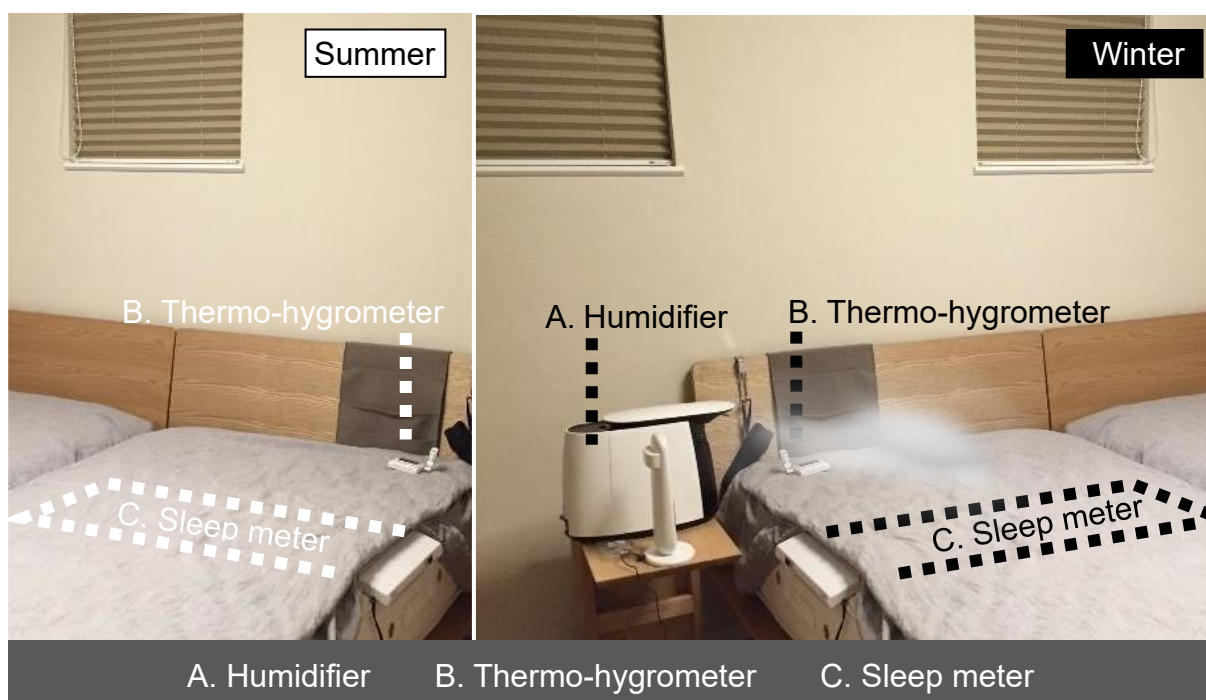


Fig.5.2.4.1 被験者の自宅寝室測定位置

---

---

#### 5.2.4 測定項目および方法

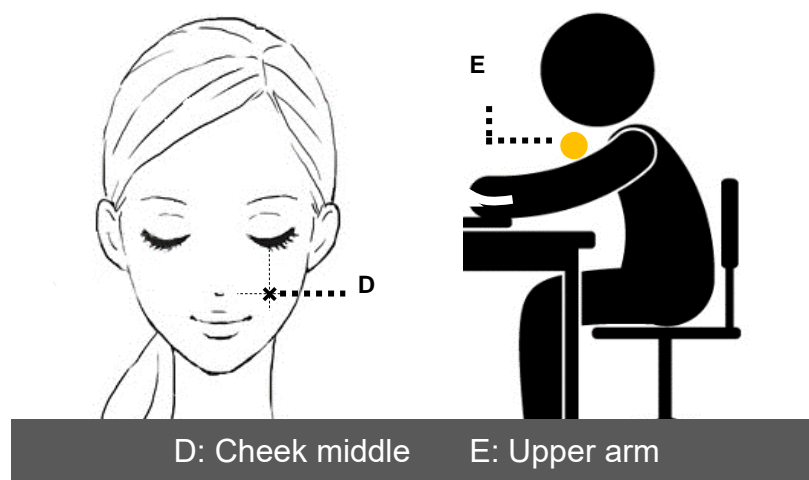


Fig. 5.2.4.2 被験者測定位置

Table 5.2.4.1 に測定項目を示す。生理量計測以外は、実験期間中の寝室環境を把握するため、睡眠状態との関係が深いと考えられる頭部周囲の空気温湿度の環境計測を行う。Fig.5.2.4.1 に自宅寝室の測定位置、Fig.5.2.4.2 に被験者測定位置を示す。被験者は安静状態のまま皮膚水分率と血圧を測定し、心理量の申告を行う。皮膚水分率の測定は頬中央で3回、血圧は上腕の位置で2回行い、数値をwebアンケートに記入する。加湿機と睡眠計[4]のスイッチを押し就床する。起床後は就寝前同様、計測した数値と心理量をwebアンケートに記入する。また、冬期は加湿機を使用する条件が設けられていることから、各条件の終了後に皮膚画像を撮影し、皮膚への影響を確認した。

### 5.2.5 睡眠の評価

睡眠の評価は睡眠計 [4]のほか、日常生活下における総合的な睡眠健康を評価するアンケートとして「睡眠健康調査票」(SHRI) [5]を用いた。睡眠以外のアンケートでは、生活習慣および健康状態住宅の寝室環境について調査した。被験者の着衣と寝具についてはアンケートによる申告とする。睡眠と生理量のデータ分布結果は(最小値、最大値、平均値、平均-標準偏差、平均+標準偏差)を示す。

### 5.2.6 統計分析

各条件間においては1元配置分散分析法を行い、有意差が認められた場合はBonferroni法を用いて多重比較を行った。また同一条件内においては男性と女性の各条件での平均値を求め、それらの有意差検定についてはt検定を用いた。危険率0.05以下のとき有意差ありとし、各測定項目の結果は平均値(SD:標準偏差)で示した。分析はBellCurve 2.21 for Excel(SSRI Co., Ltd.)を用いた。

Table 5.2.4.1 測定項目

Measurement item		Measuring device	Number of measurements	Measurement position
Skin	Texture image	Microscope i-SCOPE / Moritex	Before experiment / after experiment / one time each	Cheek middle (D)
	Skin moisture content	Skin moisture meter MY-808S / scala	Before bedtime / after getting up / every day	Cheek middle (D)
Physiological quantity	Blood pressure	Blood pressure monitor HEM-7132 / OMRON	Before bedtime / after getting up / every day	Upper arm (E)
	Sleep	Mat type sleep meter SL-501 / TANITA	Before bedtime / after getting up / every day	Fig. 1 (C)
Psychological quantity	Sense of dryness and airflow Hot / humidity / comfortable feeling etc.		Before bedtime / after getting up / every day	
Environment	Temperature / Humidity	Thermo- hygrometer TR-72Ui / T&D	Experiment Period / 14 days	In the bedroom / The head of the bed (A) / in the bed

Table 5.3.1.1 被験者の個人属性平均値 (SD)

	Average age[years]	Height [cm]	Weight [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Summer</b> (n=6)	49.0 (4.7)	166.3 (11.8)	61.5 (9.8)	22.6 (1.7)
<b>Winter</b> (n=5)	50.2 (4.9)	169.2 (10.7)	64.6 (9.4)	22.5 (2.4)

### 5.3 結果

#### 5.3.1 中年者の基本属性

個人属性の集計結果を Table 5.3.1.1 に示す。夏期の平均年齢 (SD) は 49.0 (4.7) 歳、冬期は 50.2 (4.9) 歳、夏期の平均 BMI は 22.6 (1.7) kg/m<sup>2</sup>、冬期は 22.5 (2.4) kg/m<sup>2</sup> となった。BMI 25.0 以上の対象者に女性が 1 名該当していた。

#### 5.3.2 中年者の主観による睡眠環境

##### 寝室温熱環境アンケート

住宅構造は対象者全員が木造戸建 (全館連続空調) である。夏期と冬期の寝室環境に関する集計結果を Fig.5.3.2.1 に示す。全館空調の快適感は夏期冬期とも非常に高いが、普段の空調稼働については、通年で使わないケースも少数見られた。

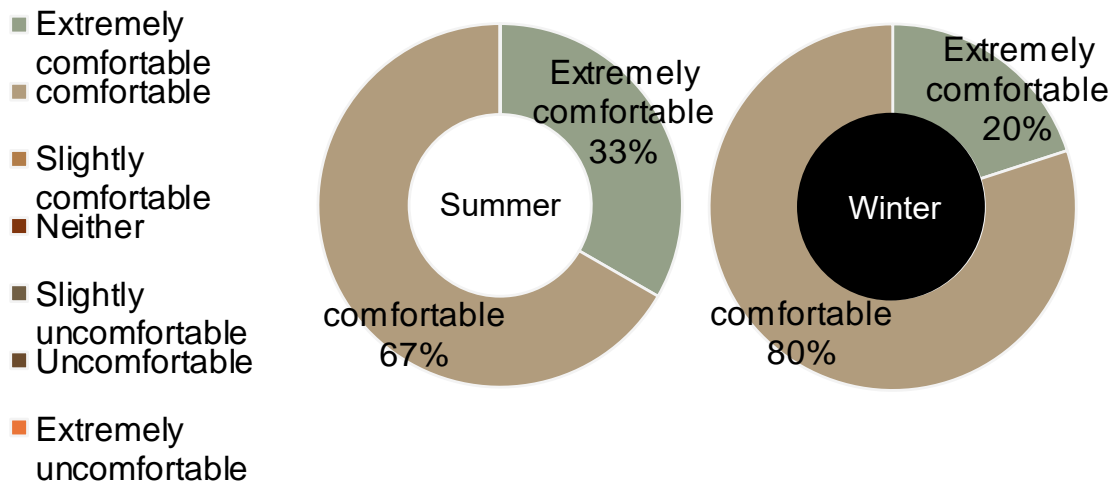


Fig.5.3.2.1 夏期と冬期の温熱快適感に関する寝室環境アンケート

---

---

## 睡眠健康調査アンケート

自覚的指標として「睡眠健康調査票」(SHRI)を用いて睡眠健康危険度を求めた。SHRIは睡眠維持障害関連、睡眠随伴症状関連、睡眠時無呼吸関連、起床困難関連、入眠障害関連の5因子で構成される。夏期と冬期の結果をFig.5.3.2.2に示す。50を標準値とし数値が高いほど睡眠健康が悪いことを表す。夏冬ともに睡眠維持障害が $68.0 \pm 11.6$ と有意に高いことから、中年者の睡眠維持の困難さが示唆された。

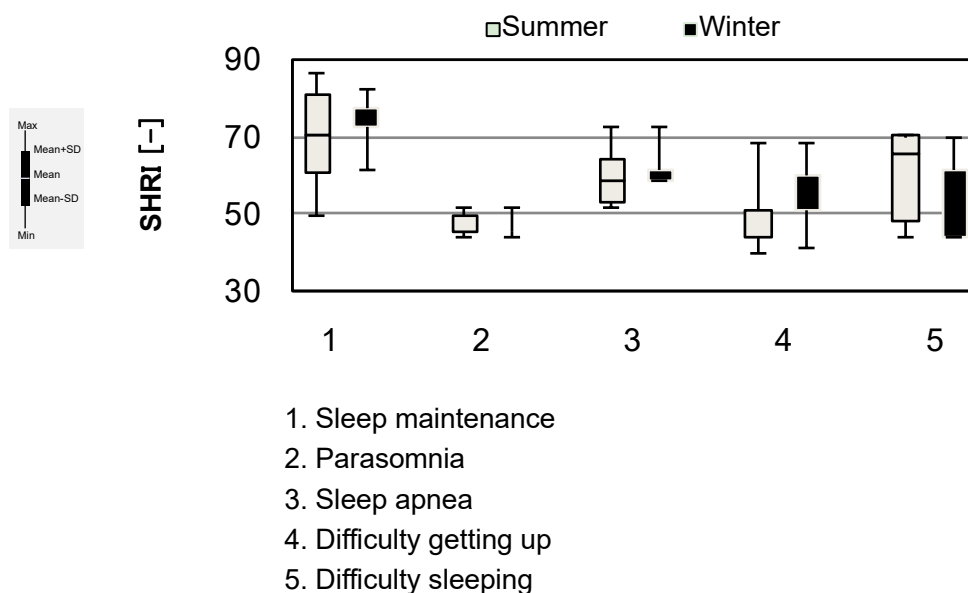


Fig.5.3.2.2 夏期と冬期の全館空調被験者のSHRI結果

---

---

### 中年者の睡眠時の空調に関するアンケート

夏期と冬期の全館空調使用時の申告結果を Fig.5.3.2.3 に示す。評価を比較すると、空調稼働時の夏期の気流はほとんど感じず、冬期は全く感じないという結果となった。空調使用時の乾燥については冬期の方がより感じやすかった。花粉症への効果も冬期の方がより感じやすい結果となった。

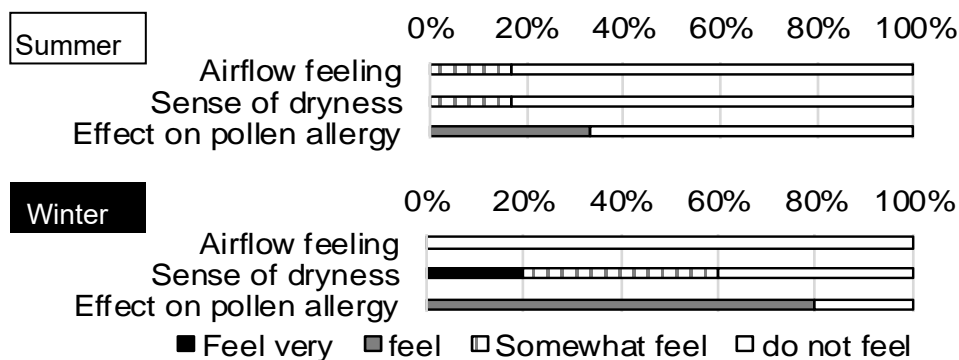


Fig.5.3.2.3 夏期と冬期の全館空調使用の申告結果

### 5.3.3 中年者の睡眠環境実測値

#### 寝室環境

夏期と冬期の寝室環境の実測結果として、Table 5.3.3.1 に就寝中における条件別寝室空気温度と相対湿度、頭部周囲の空気温度と相対湿度、頭部周囲の絶対湿度の平均値 (SD) を示す。冬期は全館空調使用時、頭部周囲の相対湿度は 28.0 (11.5) %RH と最も低く、乾燥が非常に目立つ結果となった。加湿機使用時においても 36.9 (5.5) %RH となった。就寝中の寝室の空気温度はすべての条件で 20°Cに近い数値となり、安定していた。

Table 5.3.3.1 夏期と冬期の寝室温熱環境の実測結果 (SD)

Environment	Condition ( 7 days each )	Measurements
Bedroom Temperature [°C]	Summer whole-house air-conditioning	26.3 (1.2)
	Winter whole-house air-conditioning	21.4 (1.6)
	Winter whole-house air-conditioning + humidifier	21.5 (1.7)
Bedroom Humidity [%RH]	Summer whole-house air-conditioning	54.9 (8.1)
	Winter whole-house air-conditioning	28.1 (9.6)
	Winter whole-house air-conditioning + humidifier	35.0 (5.9)
Around the head Temperature [°C]	Summer whole-house air-conditioning	26.2 (1.1)
	Winter whole-house air-conditioning	20.4 (2.6)
	Winter whole-house air-conditioning + humidifier	20.9 (2.0)
Around the head Relative Humidity [%RH]	Summer whole-house air-conditioning	54.3 (7.5)
	Winter whole-house air-conditioning	28.0 (11.5)
	Winter whole-house air-conditioning + humidifier	36.9 (5.5)
Around the head Absolute Humidity [g/kg]	Summer whole-house air-conditioning	13.3 (1.7)
	Winter whole-house air-conditioning	4.7 (1.5)
	Winter whole-house air-conditioning + humidifier	6.7 (0.8)

(SD): standard deviation

### 5.3.4 中年者の睡眠と血圧、皮膚水分率への影響

#### 睡眠変数

夏期と冬期、冬期加湿時における睡眠計測定結果の条件別平均値を Table 5.3.4.1 に示す。睡眠効率は夏期に低下することもなく、季節差は見られなかった。全館空調の影響と考えられる。全ての条件で入眠までの時間が短く、寝つきが良い傾向が見られた。最も差があったのは深睡眠の割合となった。

Table 5.3.4.1 睡眠計による測定結果 (SD)

	Summer		Winter		Winter +humidifier	
	Avg	SD	Avg	SD	Avg	SD
Actual sleeping time [min]	<b>305.4</b>	70.5	<b>295.2</b>	85.0	<b>288.7</b>	96.8
Sleeping efficiency [%]	<b>86.6</b>	3.9	<b>86.4</b>	3.3	<b>86.6</b>	3.4
Deep sleep appearance rate [%]	<b>13.8</b>	8.3	<b>15.7</b>	6.7	<b>15.2</b>	8.5
Deep sleep ratio first half [%]	<b>51.4</b>	28.1	<b>50.8</b>	27.7	<b>59.2</b>	28.8
Sleep latency [min]	<b>4.6</b>	5.0	<b>4.5</b>	4.4	<b>4.3</b>	3.3
Awake appearance rate [%]	<b>13.5</b>	3.9	<b>13.5</b>	3.3	<b>13.3</b>	3.3

#### 血圧

夏期と冬期、冬期加湿時における起床後の被験者別収縮期血圧（最高値）を Fig.5.3.4.1 に示す。冬期は一般に血圧が上昇しがちであるが、加湿機使用時に血圧が下がり改善傾向が見られた。次に条件別の収縮期血圧（最高値）平均値を Fig.5.3.4.2 に示す。冬期において加湿時と無加湿時に有意差がみられた。冬期睡眠時の局所加湿は収縮期血圧上昇の抑制に有効だが、低湿度環境という特殊な環境下での効果であるため、注意が必要である。

#### 皮膚水分率

Fig.5.3.4.3 に夏期と冬期、冬期加湿時における起床後の被験者別平均皮膚水分量改善率を示す。加湿機使用時に対象者全員の皮膚水分率が上昇した。次に条件別の皮膚水分量改善率平均値を Fig.5.3.4.4 に示す。冬期加湿時に皮膚水分率が改善したが有意差はなかった。



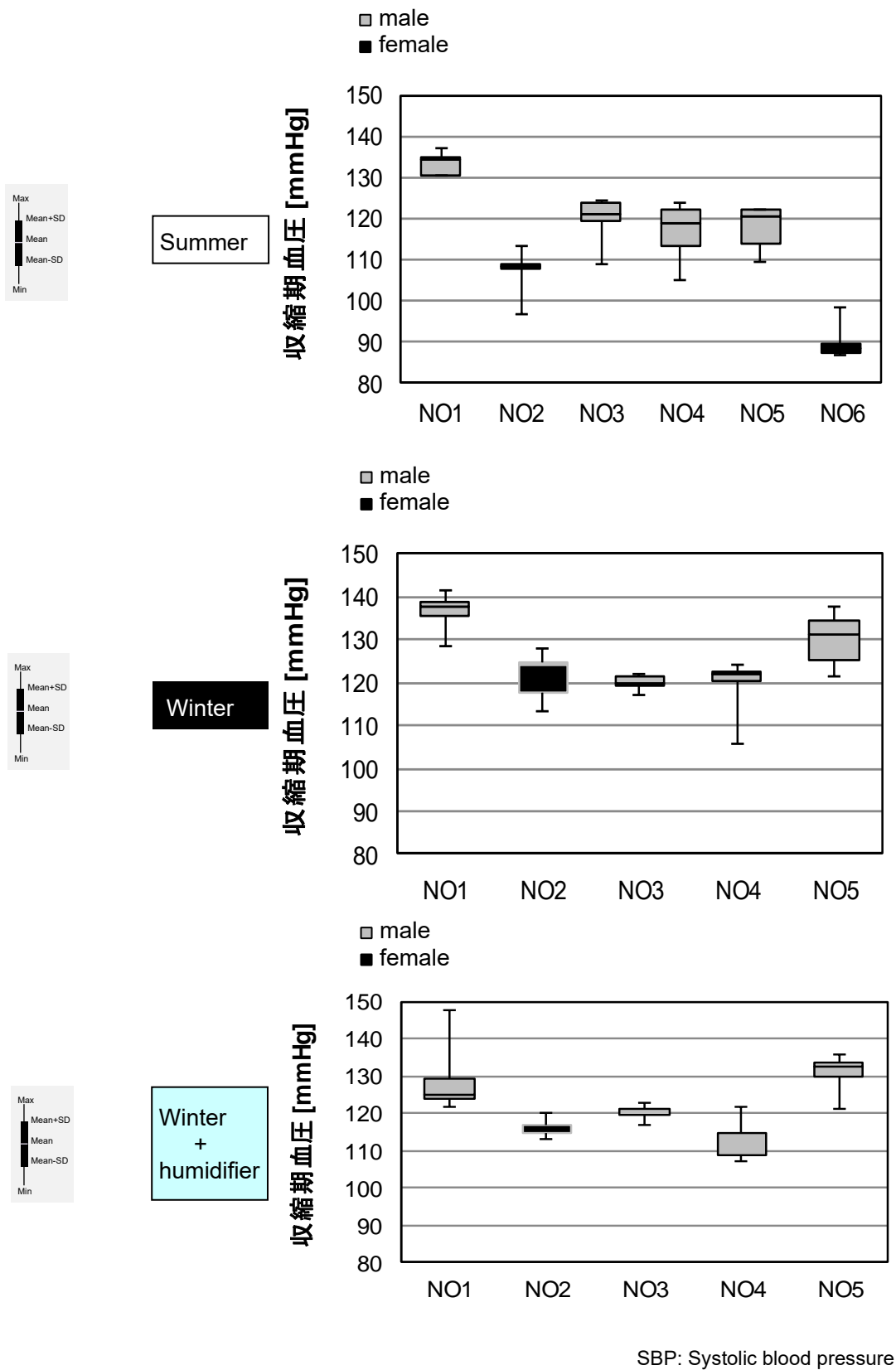


Fig. 5.3.4.1 起床後の個人別収縮期血圧 (SD)

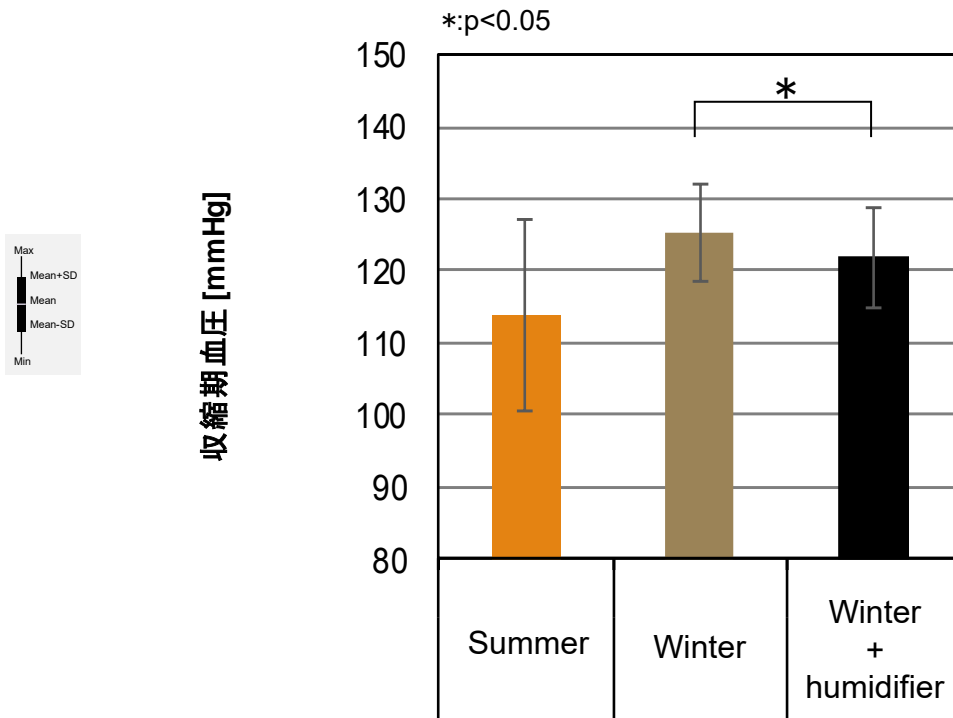


Fig. 5.3.4.2 起床後の条件別平均収縮期血圧 (SD)

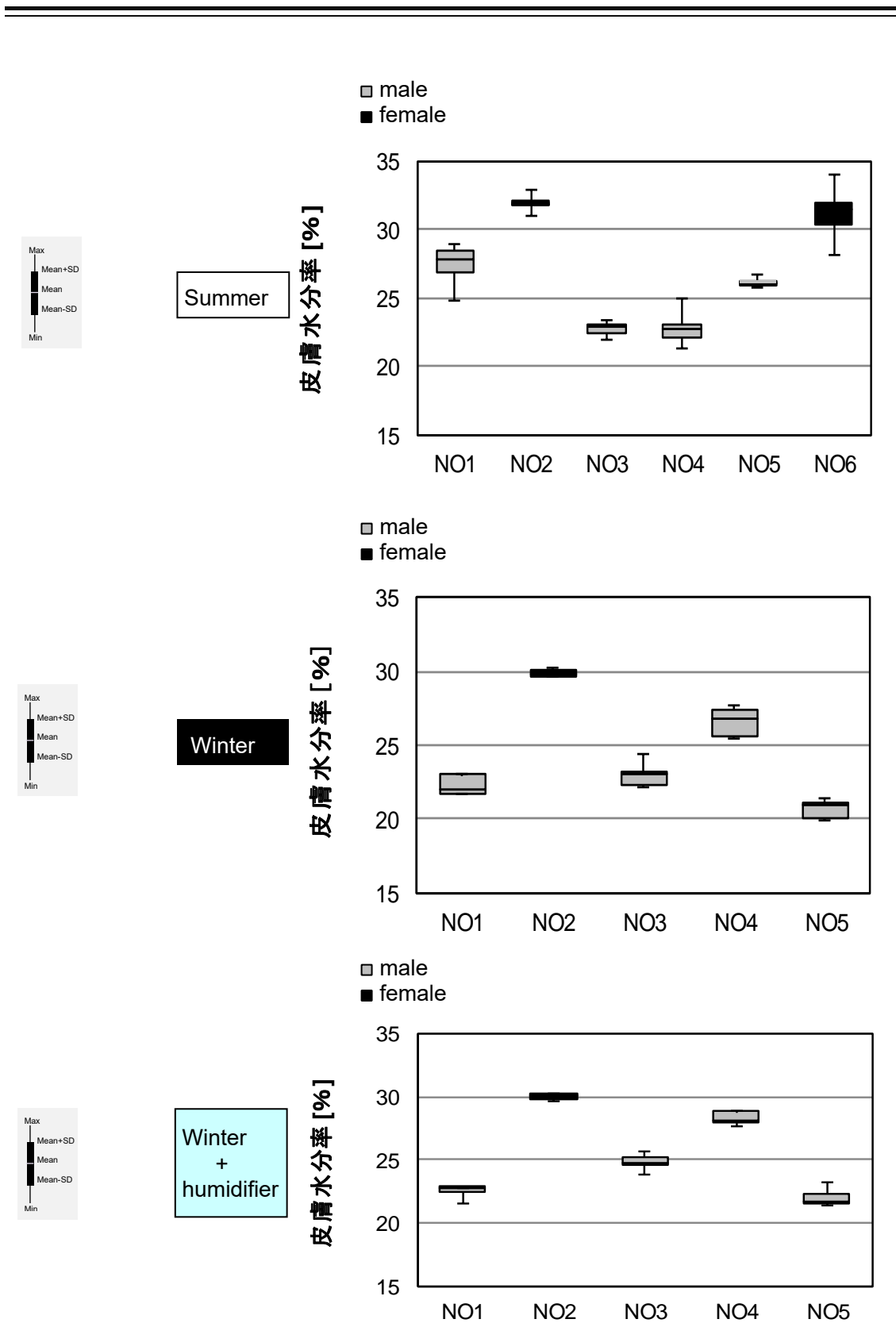


Fig. 5.3.4.3 起床後の被験者別平均皮膚水分量改善率 (SD)

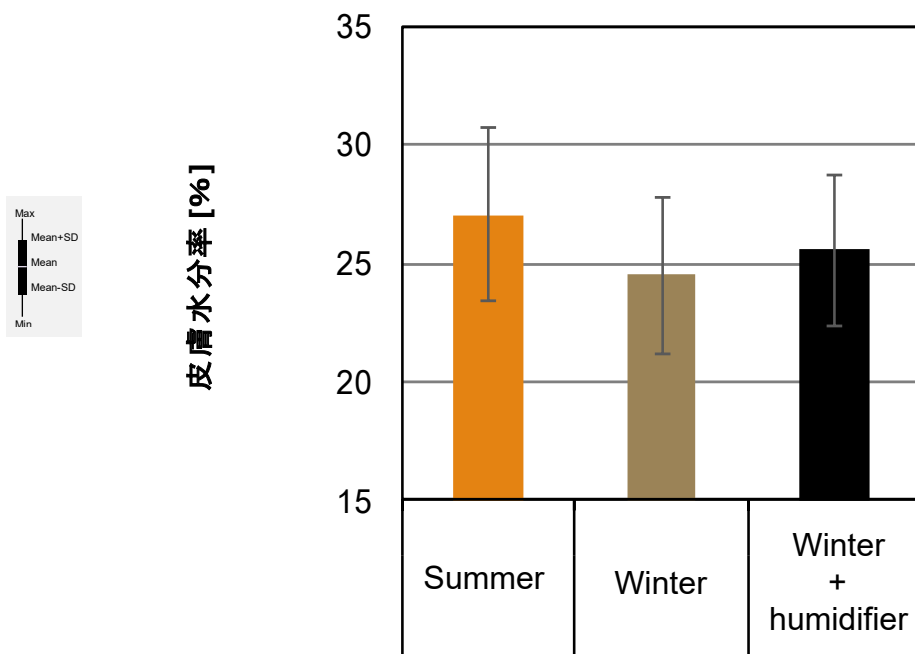


Fig. 5.3.4.4 起床後の条件者別平均皮膚水分量の改善率 (SD)

---

---

### 5.3.5 中年男性の皮膚肌理画像解析

睡眠時の顔部表面は他の露出部位と比べ室内温熱環境の影響を受けやすい。室内環境による顔部周囲への影響について検討するため、加湿を行わない条件(冬)と加湿条件(冬)、それぞれの期間終了時の皮膚画像を採取し、肌理画像解析を行った。この項では全館空調居住者の中年男性4名を対象とする。皮膚の肌理画像は Fig. 5.2.4.2 で示した左側頬中央部で計測した。Fig.5.3.5.1 に7日間加湿を行わない条件後の皮膚肌理解析画像、Fig.5.3.5.2 に7日間加湿を行なった条件後の皮膚肌理解析画像を示す。画像はそれぞれ左から順に肌理画像の解析が進み、線分化している過程を表す。肌理画像を数値化して評価するため、十字2値化 [注 2]および短直線マッチング法 [注 3]を使った画像解析[6]により撮影画像から線形回帰モデルを抽出し、肌理の定量データを抽出した。具体的には十字2値化法で得られた画像に対して短直線マッチングを行った。十字2値化とは2値化のための閾値を定める方法であり、短直線マッチングとは長さ  $l$  pixel、短直線太さ  $h$  pixel、の短直線を皮溝部分(黒部分)にマッチングさせる処理である。

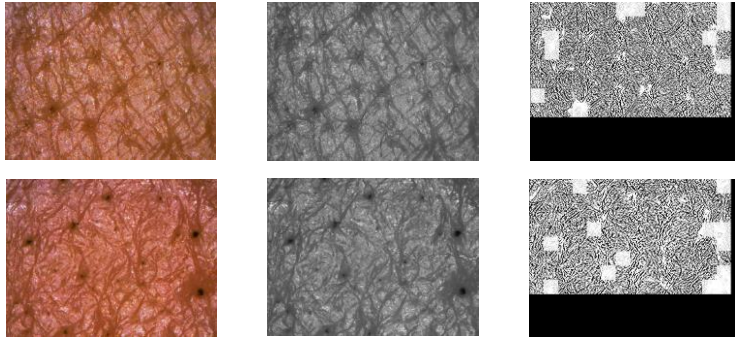
Table 5.3.5.1 に画像より算出し、数量化された肌理の物理量結果を被験者別に示す。物理量は、短直線、皮溝面積、皮溝平均太さ、皮溝太さのバラツキ、皮溝の間隔、皮溝の平行度、皮溝の方向、皮溝の密度等で表した。同一被験者毎に条件で比較すると、加湿条件(冬)において、皮溝平均太さの数値は増加し、皮溝間隔、皮溝密度分散は減少した。

---

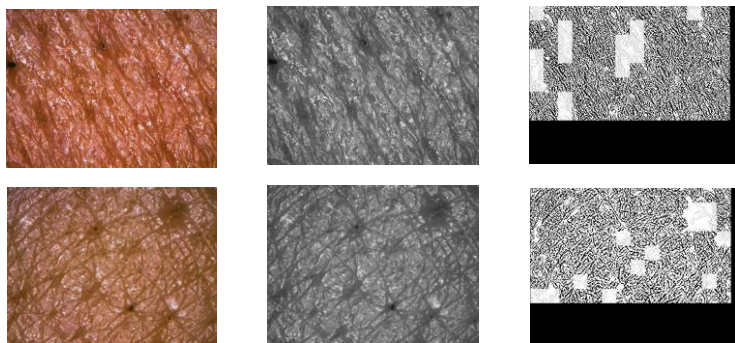
---

Winter /Male

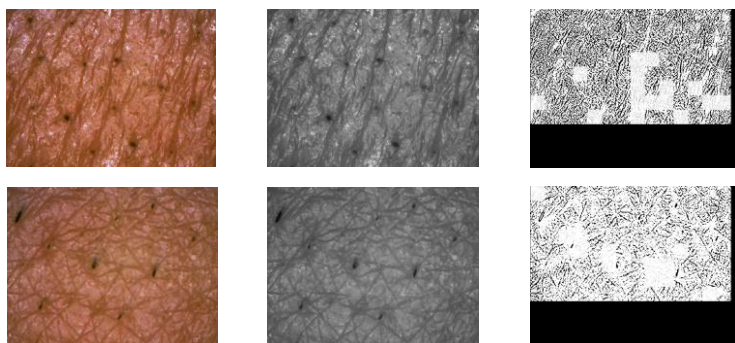
NO.1



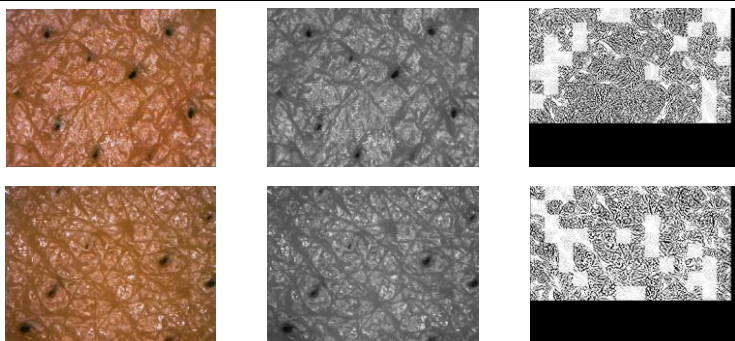
NO.3



NO.4



NO.5



---

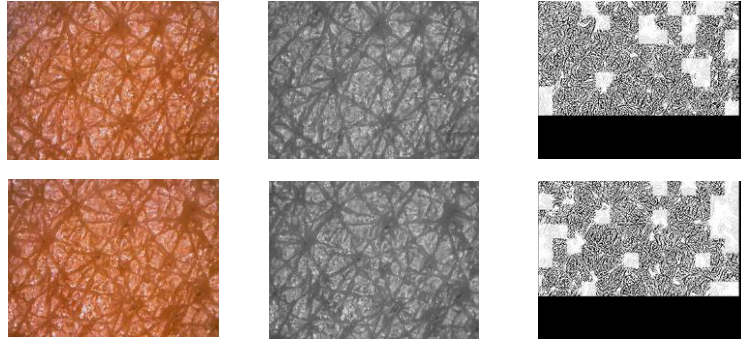
Fig.5.3.5.1 加湿を行わない条件後の皮膚肌理解析画像

---

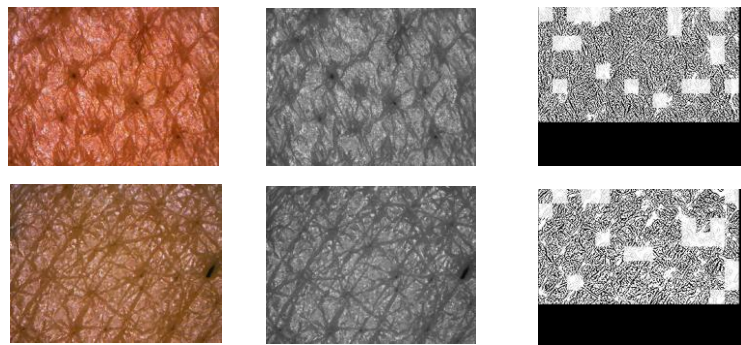
---

Winter + humidifier /Male

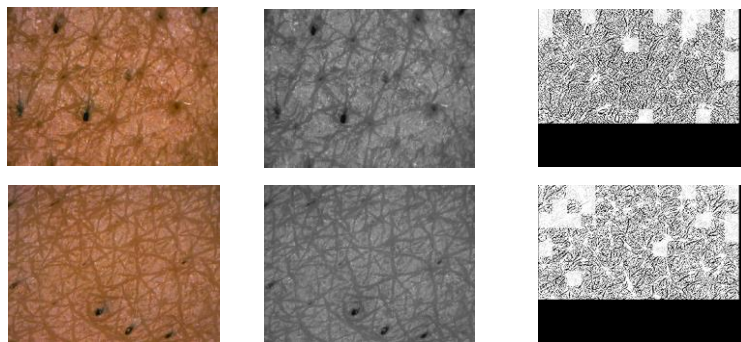
NO.1



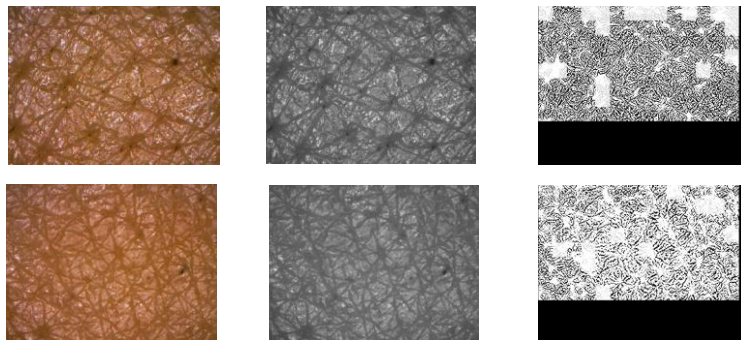
NO.3



NO.4



NO.5



---

Fig.5.3.5.2 加湿を行った条件後の皮膚肌理解析画像

Table 5.3.5.1 条件および被験者別・皮膚肌理物理量結果

Calculated physical quantity	Winter (n=8)								Winter + humidifier (n=8)							
	No.1	No.3	No.4	No.5	No.1	No.3	No.4	No.5	No.1	No.3	No.4	No.5				
Short straight lines 1	18873	18455	19393	17356	14086	10621	18419	10356	18794	20160	18456	20125	19067	17560	19973	19466
Sulcus cutis avg. thickness 1	4.3	4.2	4.3	4.0	3.5	3.0	4.3	3.0	4.2	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.4	4.2
Sulcus cutis thickness distribution 1	2.1	2.1	2.2	2.1	1.5	1.1	2.2	1.3	2.0	2.2	2.0	2.1	2.1	1.7	2.1	2.0
Sulcus cutis interval 1	2.3	2.3	2.2	2.3	2.5	2.8	2.3	2.9	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2
Sulcus cutis parallelism 1	19.9	20.2	18.7	20.9	21.3	21.9	21.2	24.2	19.7	21.7	18.1	22.2	17.7	20.2	19.4	21.5
Sulcus cutis density distribution 1	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.8	0.6	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4
Skewness 1	-0.2	-0.2	0.0	-0.3	-0.2	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.2	-0.1	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4
Kurtosis 1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	2.0	1.8	1.8	1.9	1.8	2.0	1.7	2.1	1.8	1.9	1.9
Skewness 90-180 1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.2	0.0	-0.1	0.2	-0.1	0.2	0.1	0.1	0.0
Kurtosis 90-180 1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.4	2.3	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	2.4
Short straight lines 2	2022	1939	2125	1950	994	660	2024	887	2086	2362	2303	2179	2088	1936	2361	2522
Sulcus cutis avg. thickness 2	4.3	4.2	4.4	4.0	3.6	3.1	4.3	3.1	4.4	4.5	4.0	4.4	4.4	4.0	4.5	4.3
Sulcus cutis thickness distribution 2	2.1	2.0	2.1	2.2	1.5	1.1	2.2	1.2	2.1	2.1	2.0	2.1	2.0	1.8	2.1	2.1
Sulcus cutis interval 2	21.3	21.8	20.7	20.5	36.1	47.4	21.0	35.1	20.9	19.0	17.4	20.1	21.0	20.6	19.0	17.1
Sulcus cutis parallelism 2	18.2	18.4	14.8	20.2	19.8	22.4	21.2	26.2	18.3	22.5	12.6	23.0	13.8	18.0	16.8	21.4
Sulcus cutis density dispersion 2	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.8	0.6	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4
Skewness 2	-0.2	-0.3	0.4	-0.3	-0.2	-0.8	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	0.5	0.0	-0.7	-0.2	-0.2	-0.5
Kurtosis 2	1.9	1.9	2.1	1.8	1.7	2.2	1.7	1.7	1.8	1.7	2.2	1.5	2.4	1.6	1.7	1.9
Skewness 90-180 2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.4	-0.1	-0.4	-0.3	-0.2	0.2	-0.3	0.1	-0.2	0.0	0.0
Kurtosis 90-180 2	2.7	2.6	2.4	2.7	2.6	3.0	2.8	2.9	3.2	2.7	2.4	3.2	2.8	3.4	2.5	2.9

Table 5.4.1.1 条件別の皮膚肌理物理量平均値 (±標準偏差)

Calculated physical quantity	Winter (n=8)	Winter+humidifier (n=8)
Short straight lines 1	15945 ± 3498	19200 ± 857
Sulcus cutis avg. thickness 1	3.8 ± 0.5	4.2 ± 0.2
Sulcus cutis thickness distribution 1	1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.1
Sulcus cutis interval 1	2.5 ± 0.3	2.2 ± 0.0 *
Sulcus cutis parallelism 1	21.0 ± 1.5	20.0 ± 1.6
Sulcus cutis density distribution 1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1 *
Skewness 1	-0.2 ± 0.1	-0.2 ± 0.2
Kurtosis 1	1.9 ± 0.1	1.9 ± 0.1
Skewness 90-180 1	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.1
Kurtosis 90-180 1	2.2 ± 0.0	2.3 ± 0.1
Short straight lines 2	1575 ± 573	2230 ± 179
Sulcus cutis avg. thickness 2	3.9 ± 0.5	4.3 ± 0.2
Sulcus cutis thickness distribution 2	1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.1
Sulcus cutis interval 2	28.0 ± 9.6	19.4 ± 1.4 *
Sulcus cutis parallelism 2	20.1 ± 3.1	18.3 ± 3.6
Sulcus cutis density dispersion 2	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1 *
Skewness 2	-0.3 ± 0.3	-0.2 ± 0.3
Kurtosis 2	1.9 ± 0.2	1.8 ± 0.3
Skewness 90-180 2	0.0 ± 0.2	-0.1 ± 0.2
Kurtosis 90-180 2	2.7 ± 0.2	2.9 ± 0.3

\*\*：P<0.01, \*：P<0.05



---

---

## 5.4 考察

### 5.4.1 加湿が及ぼす全館空調住宅居住者の皮膚肌理への影響

皮膚が弱い場合、過剰な空調使用や低湿度環境による乾燥が原因で、かゆみや炎症を起こす可能性が予想される。冬期は外気も低湿度環境となるため、皮膚への影響を及ぼしやすく、室内の乾燥度合いと症状の悪化が比例するといわれている [7]。全館空調住宅はどの住宅も室内温度が安定しており、快適性が高い一方で、相対湿度がかなり低くなるといった特徴があった。今回の調査においても想定以上に室内が乾燥していた。

ここでは全館空調居住者の睡眠中の顔部周囲に局所加湿を行う条件と、無加湿環境に晒された条件の肌理画像を比較し、加湿の影響について検討する。本節では居住者である男性被験者の皮膚肌理画像を解析し、算出した物理量を条件別に比較し、t 検定を行った。解析は各条件 7 日間連続で行った実験後の肌理画像 2 枚（延べ 16 枚）のデータを採用する。Table 5.4.1.1 に条件別に算出した物理量平均値を示す。

解析結果より、肌理の評価に影響を与える物理量である皮溝平均間隔、皮溝密度分散において、加湿条件時に数値が小さくなり、有意差がみられた。低湿度環境下での睡眠時において、局所加湿を行いながらの皮膚への暴露は、皮膚水分率以上に皮膚の肌理に影響を与えていた。局所加湿を行うことが皮膚肌理に影響があることは 4 章の検証結果でも明らかであった [7]。Table 5.3.3.1 の環境測定結果より、全館空調住宅において、相対湿度の高低にかかわらず、睡眠中の局所加湿が皮膚の肌理に影響を及ぼすことが分かった。乾燥しがちな全館空調住宅では短時間でも加湿を行うことが推奨される。冬期のみ結果ではあるが、気密性の高い住宅居住者の乾燥対策として、加湿の重要性が示唆された。

---

---

#### 5.4.2 全館空調と個別空調の比較

2015 年度の個別空調住宅の結果と入眠潜時への寝室環境の影響を検討する。Table 5.4.2.1 に 2015 年度に実施した個別空調住宅での実験概要を示す。

##### 2015 年度概要

実験場所個別空調・被験者宅寝室

計測期間夏期：2015 年 7 月 25 日～9 月 12 日（条件 7 日間）

冬期：2016 年 1 月 5 日～3 月 5 日（各条件 7 日間計 14 日間）

※解析に使用するのは前 2 日除く 5 日間とする

##### 被験者

夏期：個別空調住宅在住の中年男女 25 名（37～58 才）

冬期：個別空調住宅在住の中年男女 27 名（37～58 才）

空調別・睡眠健康調査（SHRI）結果を Fig.5.4.1.1 に示す。季節間においてはどちらの住宅にも差がほとんどなく、空調別においてもばらつきはあるが大きな差は見られなかった。共に睡眠維持が困難という結果となった。

次に全館空調と個別空調の寝室環境結果を Fig.5.4.1.2 に示す。冬期の平均寝室空気温度を比較すると、全館空調 21.4 °C に対して個別空調 16.1 °C、加湿時においても全館空調 21.5°C に対して個別空調 16.6 °C となった。冬期は全館空調で空気温度が高くなっており、有意差のある結果となった。冬期の相対湿度は全館空調 28.1 %RH に対して個別空調 57.2%RH、加湿時においても全館空調 36.9%RH に対して個別空調 61.2%RH となった。冬期の相対湿度は個別空調で高い結果となり、有意差があった。

Table 5.4.2.1 2015年度に実施した個別空調住宅での実験概要

Experiment location	Individual air-conditioned housing / <b>Participant's bedroom</b>
Measurement duration	Summer: July 25 - September 12, 2015 (conditions 7 days) Winter: January 5 - March 5, 2016 (7 days for each condition, for a total of 14 days) ※ 5 days excluding the previous 2 days shall be used for analysis
Participant	Summer: 25 middle-aged male and female (37 to 58 years old) Winter: 27 middle-aged male and female (37 to 58 years old)

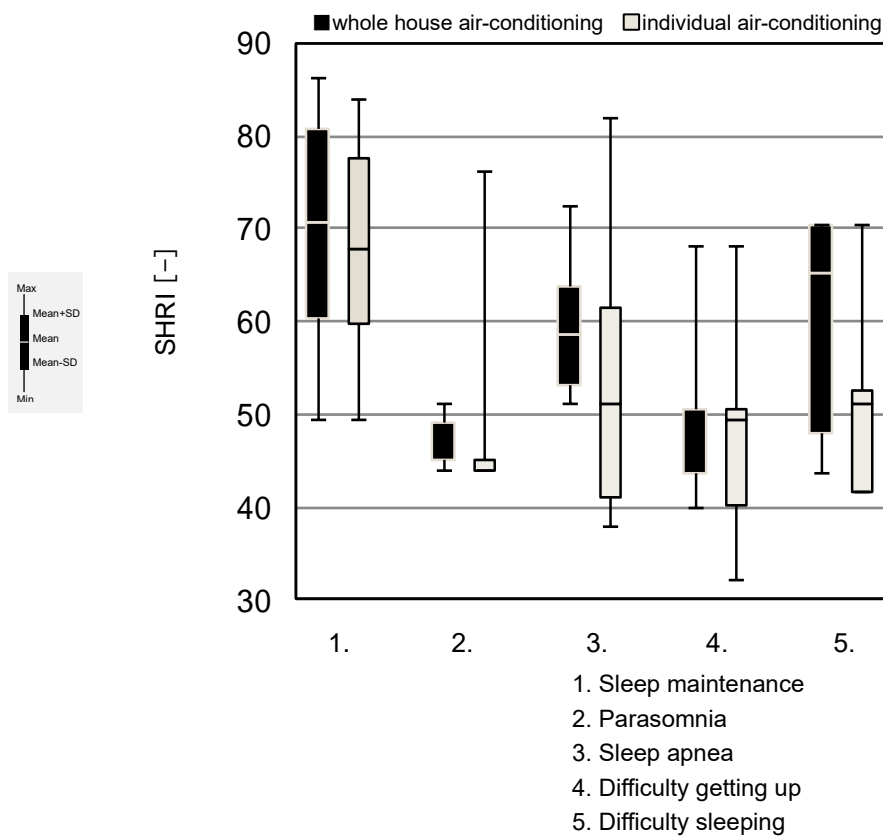


Fig.5.4.2.1 空調別・睡眠健康調査 (SHRI) 結果

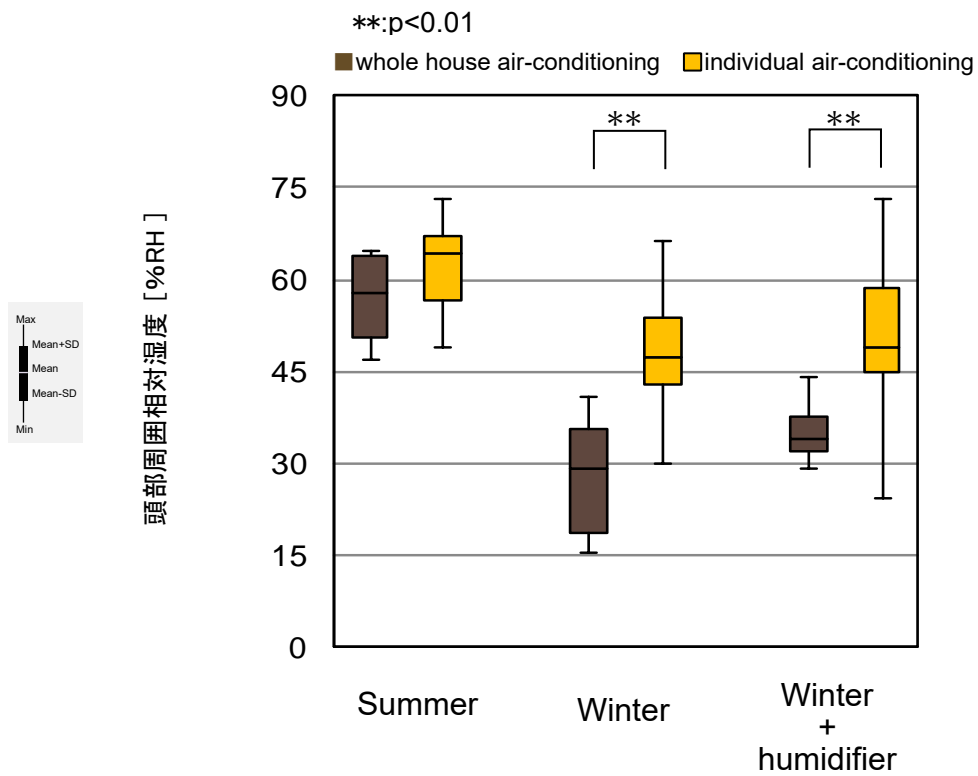
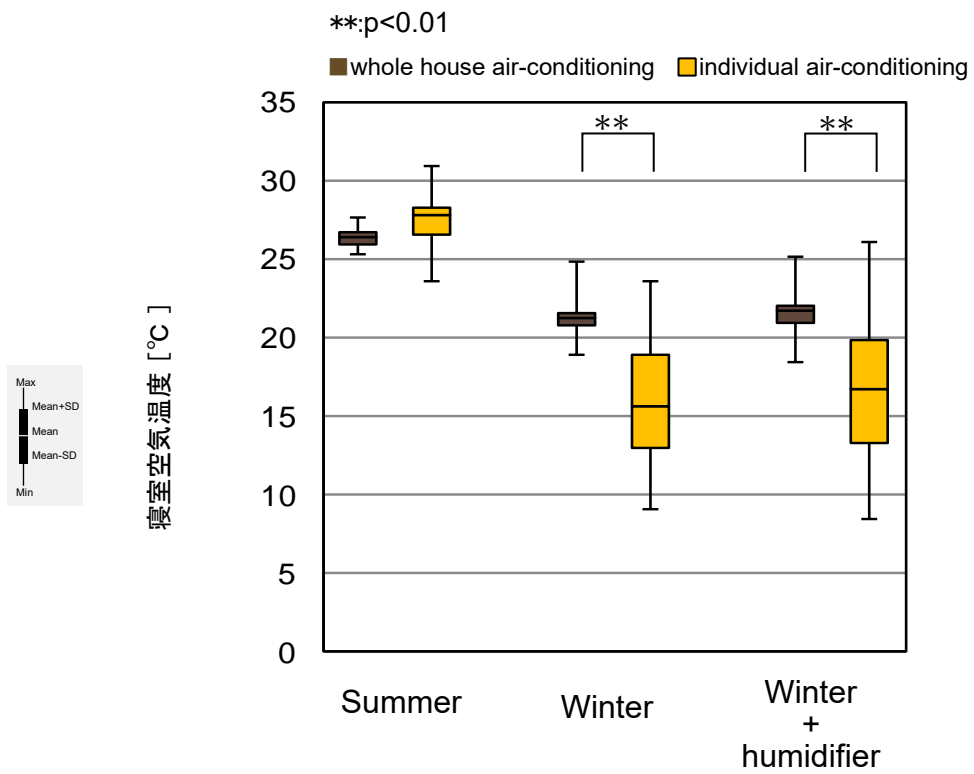


Fig.5.4.2.2 空調別・寝室環境結果

---

---

次に Fig.5.4.2.3 に夏期と冬期の空調別・睡眠効率と入眠潜時を示す。夏期冬期共にすべての条件で全館空調住宅の入眠潜時が有意に短く、寝つきの良い結果となった。24 時間連続で空調していることで、寝室の温度環境が整い、入眠に良い環境を与えたことが推察される。個別空調住宅では睡眠前にあらかじめ空調するような習慣があまりなく [8]、冬期においては就寝前に寝室の温度を温めておくことは健康のためにも必要であろう [9]。一方、室内温度に対して全館空調住宅の相対湿度は非常に低かったことから、何らかの睡眠への湿度の影響が予測された。

睡眠効率は個別空調住宅が有意に良い結果となっていた。この結果より、睡眠中は一定の室温状態のままでは効率は下がることが想定される。効率を上げるためにはきめ細かい温度設定を行い、空調を制御することが重要と考えられ [10]、今後も引き続き調査を行う必要がある。また、個別空調住宅では、就寝前に寝室を空調するような習慣がなく、冬期は就寝前に寝室を暖めることが快眠対策にとって極めて重要と考える [11]。

睡眠効率を上げるには、きめ細かい温度設定を行い、空調を制御することが重要と考える。今回の結果と合わせ、タイマー利用が多い個別空調住宅では達成できることが明らかとなった。室内温度を時間帯により段階的に微調整することが必要であろう。全館空調の制御にも拡充することが可能なことから、将来の検討課題としたい。

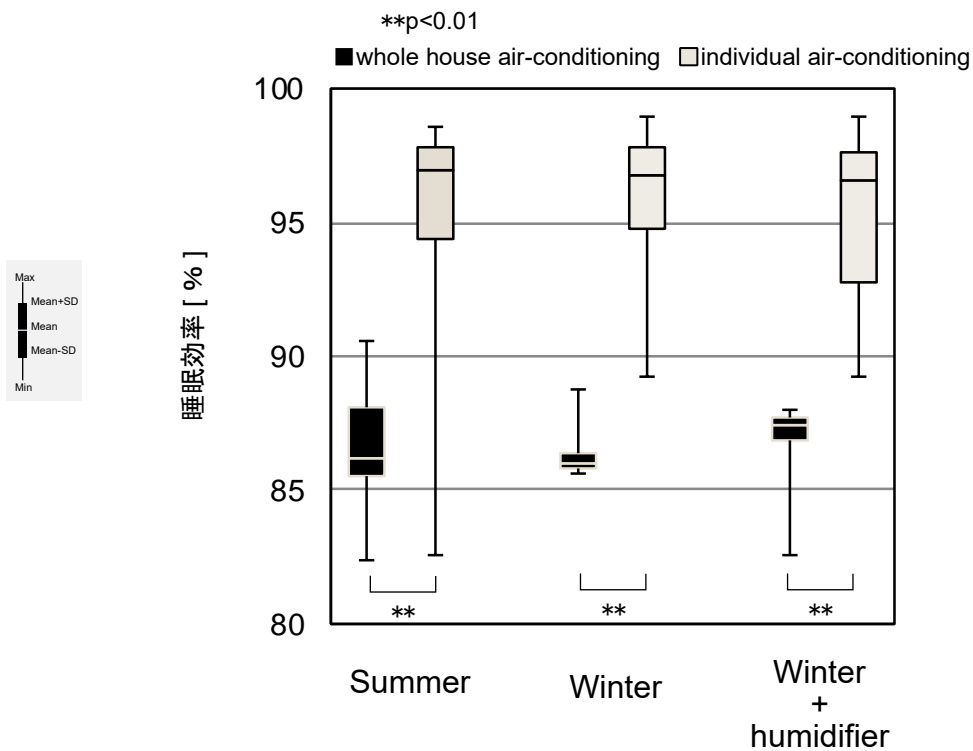
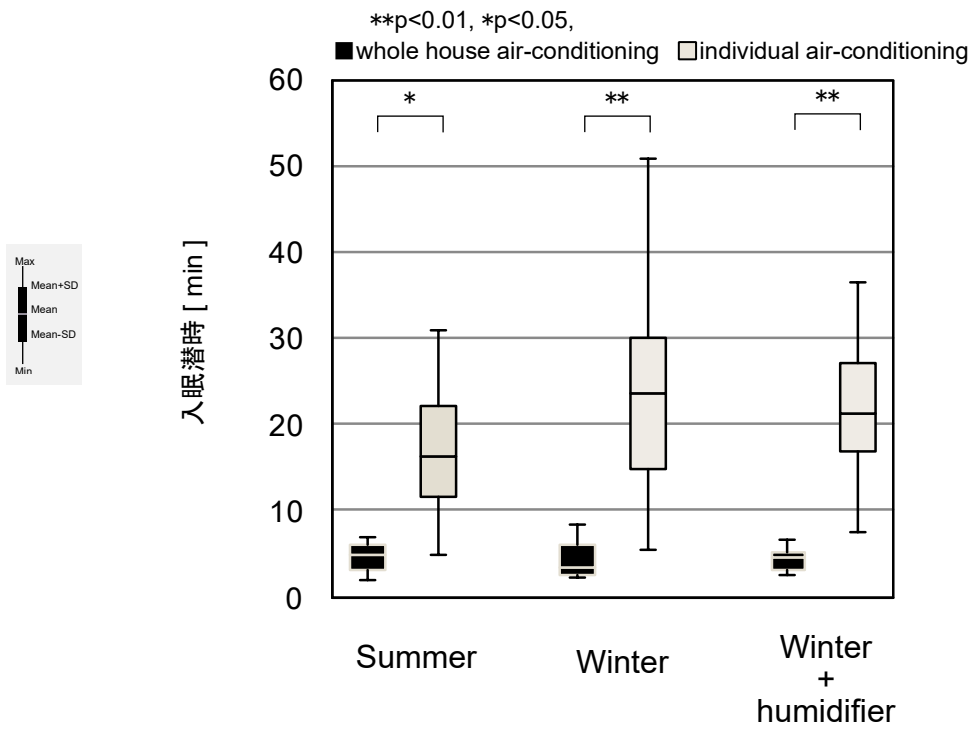


Fig.5.4.2.3 夏期と冬期の空調別・入眠潜時（上）と睡眠効率（下）

---

---

## 5.5 第5章のまとめ

この章から次の結果が得られた。

(1) 全館空調換住宅では、すべての条件下で入眠潜時が短縮された。睡眠前の室内温度調節の影響が考えられる。冬期は就寝前に寝室を暖めることが快眠対策にとって極めて重要と考える。

(2) 個別空調住宅では、睡眠効率が良好であり有意差があった。この結果から、睡眠時の室温が一定の場合、睡眠効率が低下すると考えられる。睡眠効率を上げるには、きめ細かい温度設定を行い、空調を制御することが重要と考える。タイマー利用が多い個別空調住宅では達成できることが明らかとなった。室内温度を時間帯により段階的に微調整することが必要であろう。全館空調の制御にも拡充することが可能なことから、将来の検討課題としたい。

(3) 起床後の血圧については、加湿機を使用することで改善する傾向があり、有意差が認められた。冬期睡眠時の局所加湿は収縮期血圧上昇の抑制に有効だが、低湿度環境という特殊な環境下での効果であるため、注意が必要である。

(4) 皮膚については、季節の違いが顕著なため環境の影響を考慮しなければならない。全館空調住宅では乾燥が目立つため、相対湿度がそこまで高くなっていなかったにもかかわらず、顔部周囲を局所加湿することで、皮膚水分率より皮膚肌理に良い影響を与えることが分かった。

(5) 全館空調居住者は、主観的には居室が乾燥しているとは感じず、その結果、全館空調住宅における快適性が高くなっていった。アンケート結果においても、全館空調住宅居住者の満足度は、個別空調住宅に比べて非常に高かった。

全館空調住宅では、24時間全館空調を運転していたことから、入眠前の寝室の温度調整は睡眠に効果があると考えられる。20℃程度の寝室温度は寝付きの良さに影響を及ぼすことが示唆された。また、主観においては実測値とは異なる結果となった。居住者が室内で乾燥を感じることはなく、全館空調住宅の快適性の高さが伺える結果となった [8]。アンケート結果は全館空調住宅居住者の満足度は個別空調住宅と比べて非常に高いため、今後も引き続き調査を行っていきたいと考えている。

---

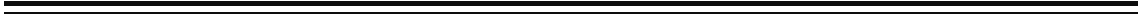
---

## 参考文献

- [1] Iwaki, A., Akimoto, T.: Survey on the Effect of Sleep on Summer Using a Personal Humidifier and on the Skin and Blood Pressure of Middle-aged People, The 4th International Conference on Building Energy & Environment, Melbourne (2018)
- [2] Iwaki, A. et al.: Survey on the Effect of Sleep on Winter Using a Personal Humidifier and on the Skin and Blood Pressure of Middle-aged People, Healthy Buildings 2017 Asia, Tainan (2017)
- [3] Iwaki, A. et al.: Verification of the effect of sleeping environment and humidification on middle-aged people in whole-house air-conditioning ventilation system housing, The 13th REHVA World Congress CLIMA 2019, Bucharest (2019)
- [4] Yamamoto, G. et al.: Study on Usefulness of Mat Type Sleep Meter, Sleep Medicine, Vol. 6, No. 3, pp.473-480, 2012 (in Japanese)  
山本学, 伊賀富栄, 清水美衣, 小原さおり, 浦野哲哉, 青木琢也, 阿部直, 吉井文均: マット型睡眠計の有用性に関する検討, 睡眠医療, 第 6 巻, 第 3 号, pp.473-480. (2012)
- [5] Tanaka, H., Shirakawa, S.: Sleep health, lifestyle and mental health in the Japanese elderly ensuring sleep to promote a healthy brain and mind. J Psychosomatic Research 56, pp.465-477. (2004)
- [6] Kobayashi, H. et al.: Proposal of Quantitative Index of Skin Texture by the Image Processing and Its Practical Application (Mechanical Systems), Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Series C, Vol. 76, No.764, pp.922-929, 2010 (in Japanese)  
小林宏, 橋本卓弥, 山崎和広, 平井義和: 画像解析による肌のキメの定量的指標の提案と実用化, 日本機械学会論文集 (C 編), 第 76 巻, 第 764 号, pp.922-929. (2010)
- [7] 山田秀和: アトピー性皮膚炎における保湿の重要性: 肌理を整える, 教育講演 16, 第 62 回日本アレルギー学会秋季学術大会, アレルギー, Vol.61, No.9-10, pp.1304. (2012)
- [8] K. Tsuzuki: K. Okamoto-Mizuno, T. Iwaki., Effects of airflow on body temperatures and sleep stages in a warm humid climate, International Journal of Biometeorology. 52(4), pp.261-270. (2008)



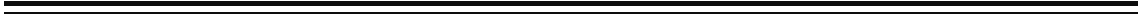
- 
- 
- [9] K. Tsuzuki: Effects of thermal environment on human sleep and thermoregulation, *Japanese Journal of Biometeorology*, 50(4), pp.125-134. (2014)
- [10] K. Okamoto-Mizuno, K. Mizuno, S. Michie, A. Maeda, S. Iizuka: Effects of humid heat exposure on human sleep stages and body temperature., *Sleep*, 22, pp.767-773. (1999)
- [11] V.Candas, J.P.Libert, A.Muzet.: Heating and cooling stimulations during SWS and REM sleep in man, *Journal of Thermal Biology*, 7(3), pp.155-158. (1982)



---

---

第 6 章  
居室および  
空調方式の違いによる  
睡眠への影響  
(夏期)



---

---

## 第 6 章 居室および空調方式の違いによる睡眠への影響（夏期）

### 6.1 研究目的

健康の観点から人々の睡眠に対する関心は増々高まっている。近年、熱帯夜の増加による睡眠負債が社会問題となっており、現代社会に蔓延する現象として認識されるようになった。病気のリスクや日常生活の質を低下させる睡眠負債は睡眠の質の低下のリスクを説明するのに役立つかもしれない睡眠の新しい尺度である[1]。睡眠の問題を改善していくことは、身体と心の健康づくりだけでなく、身体と心の病気の発症や悪化の予防において重要な意味を持つものと考えられる[2]。夏の睡眠対策として、冷房を使用することで質の向上を目指す。終夜冷房を使用した場合、体調不良などの悪影響が懸念されるため、人体に影響のない空調制御を行うことが求められている。本研究では快眠に起因する温熱環境を調査し、空調機器制御手法の優位性及び温熱環境以外の要因が睡眠に与える影響を明確にし、快適な睡眠環境を構築することを目的とする。急速な温度変化が可能な個別空調（ルームエアコン）と、緩やかな温度勾配の全熱交換型換気システムによる全館空調とを比較し、睡眠にどのような影響を与えるか調査を行った。温熱環境以外の要因として、気流環境や室内空気質、光環境、音環境の影響は大きい。これら全てを一度に検証することは難しく、要因ごとに調べる必要がある。今回の実験では温熱環境と気流の影響について検証した。また空気質については検証を試みたものの、環境条件間にバラつきが見られたため結果を考慮し、今後の課題とした。光については 2 室の就寝前馴化時の照度を調光し 30lx に揃えた。音については実験前段階で計測し（静音：25dBA）、影響のないことを確認した。

睡眠と夏期の温熱環境との関係についてはこれまでに数多く報告されている[3-6]。これらは一般的なルームエアコンを用いた個別空調制御による温熱環境や、気流感の違いにおける検討である。しかしながら、全熱交換型 24h 換気システムによる全館空調と睡眠との関係について検討された研究は殆どない。一方、他の空調方式との比較として、森戸ら[7]は室内平均温度が 26℃になるように制御した天井設置型冷房システムと一般的な壁型エアコンの 2 条件で睡眠実験を行い、被験者近傍の気流実測値が天井設置型冷房システムで 0.04m/s、壁型エアコンでは 0.14m/s となっていた。結果、平均皮膚温や快適感、睡眠段階毎の総時間には 2 条件間で有意な差は認められなかったが、送風時の皮膚温低下度が額や腕など露出部位において有意に大きくなり、覚醒、心拍数の上昇、体動の回数が有意に多くなった。これらの結果は壁型エアコンの気流が冷刺激となり睡眠を阻害する可能性がある

---

---

り、天井設置型冷房システムの方が睡眠に適していたことを示唆している。糸魚川ら[8]は病室を想定し、天井放射冷却システムと対流式ルームエアコンを比較した睡眠実験を行った。湿度 50%を基準に、26.0℃、28.0℃、30.0℃の設定温度 3 条件と天井放射冷却システムと対流式ルームエアコンの 2 条件を組み合わせた 6 条件について調査した。天井放射冷却システムで気流速度は 0.01 m/s、対流式ルームエアコンでは、0.10 m/s となった。天井放射冷却システムの条件下において、グローブ温度が 1℃低くなったものの、皮膚温、心拍数変動、体動、温冷快適感に有意差は見られなかった。ただし気流を許容出来る場合は対流式ルームエアコンで心理反応を向上する可能性が示唆された。

以上のように、空調制御方式の違いや温度、気流によって睡眠の質が向上する可能性がある[9]。しかしながら、睡眠時の温熱環境条件を、人体が許容できないと感じる可能性も考えられる。そこで本研究では、睡眠を向上させつつ人体の温熱不快感を生じさせないような就寝時の室内環境条件を把握するため被験者実験を行った。平成 28 年省エネ基準対応の全館空調システムモデル住宅を使用し、睡眠時における温熱気流制御と被験者の心理、生理状態の関係を明らかにした。空調の比較としては一部条件に個別空調（ルームエアコン）を用いている。全館空調住宅での研究ではあるが、得られた知見は一般住宅における快眠のための環境制御の概念にも十分に拡張できる可能性のある検証といえる。なお、本論文で示した結果の一部には既報 [10]にて発表した内容を含む。

## 6.2 実験方法

### 6.2.1 実験期間・時間帯

2018 年 8 月 1 日～9 月 10 日の火曜と木曜に実施し、時間帯は 0:20～7:20 とした。

### 6.2.2 実験環境

東京都赤坂 M 社モデル住宅の 2 室 (Room 1、Room 2)を使用し、睡眠実験を行った。Fig.6.2.2.1 にモデル住宅居室平面図、Table 6.2.2.1 に環境測定項目、Photo 6.2.2.1 にモデル住宅居室を示す。実験で使用したモデル住宅は全熱交換型 24h 連続換気システムの全館空調住宅であり、性能は断熱材：壁厚 90mm、天井厚 180mm、サッシ：樹脂+アルミの複合、ガラス：Low-E の高断熱高气密となっている（概算値：C 値：2.0 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>・Q 値：1.4 W/m<sup>2</sup>K・UA 値：0.56W/m<sup>2</sup>K）。実験で使用した 2 室のうち Room 2 には壁掛型個別空調

---

---

を増設した。Room 1は全館空調を使用する条件、Room 2は全館空調または個別空調を使用する条件としている。

次に居室の概要を示す。Room1とRoom2は共に天井高2.4m、居室の大きさはどちらも6帖であった。居室タイプが異なっていたため出来る限り環境を揃えた。寝床環境は同種のマットレスとシーツを用意し、睡眠時の照度を0.9~1.0Lxとした。カーテンおよびカーペット類の布材を追加し、異なった床と壁の仕上げを可能な限り同種のもので揃え、吸音調整を行った(静音:25dBA)。さらにRoom1とRoom2の開口部の違いを考慮し、Room1は北面開口部に遮光カーテン、Room2については吸音性の高い遮光・遮熱・遮音ドレープを天井から床までの高さで壁に沿って設置し、北面と南面全ての開口部を覆った。このように2室の環境を揃え、可能な範囲で影響を排除した。またRoom1とRoom2はベッドに対する全館空調吹出口位置が異なっており、Room1は頭上高さ2.2m、Room2は足元高さ2.2mと対称に位置していた(Fig.6.2.2.1)。寝床環境は同種のマットレスとシーツを用意した。

全館空調は床置型の全館空調システムヒートポンプVL-705HPFと全熱交換型換気ユニットVL-200KFの室内ユニット(冷房能力5.0kw、冷房消費電力1.38kw、換気消費電力0.078kw、循環風量800m<sup>3</sup>/h、換気風量150m<sup>3</sup>/h)である。運転は可変風量制御システムVAV(Variable Air Volume Control)による居室ごとの設定温度コントロールと、温度制御システムABC(Auto Balance Control)のダブル制御[11]となっている。このユニットは省エネに配慮しているだけでなく、温熱環境と室内空気質を常に正常に保つことが可能である。全館空調の全ての操作はHEMSにより行った。個別空調は壁掛型ルームエアコンMSZ-ZW285(冷房能力2.8kw、COP6.9、冷房消費電力540w)を使用し、運転は専用リモコンで温度を設定し、居室外部にて制御した。それぞれ各条件の設定温度を保つよう操作した。また全館空調条件時は全熱交換型の24h連続換気を行ったが、個別空調条件時には特別な換気は行わなかった。なお本研究において省エネに関する分析は行っていない。

Each room size: 3,640mm(D),2,730mm(W),2,400mm(H)

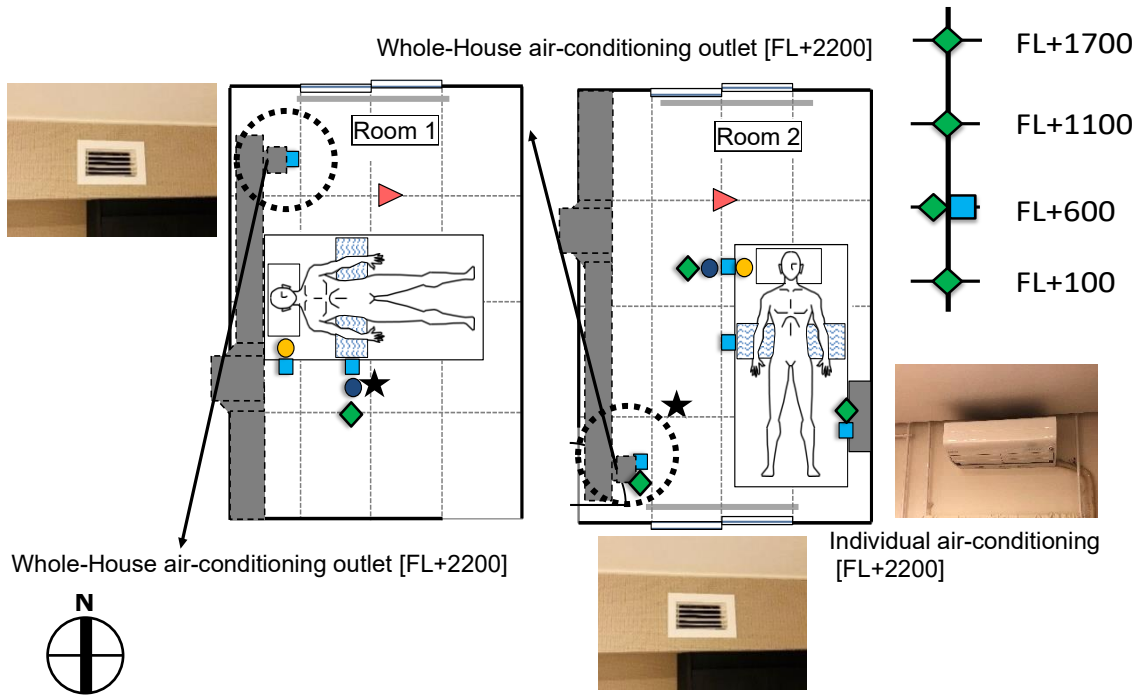


Fig.6.2.2.1 モデル住宅居室平面図

Table 6.2.2.1 環境測定項目

Legend	Measurement item	Measurement position [mm]
◆	Air temperature	Room [FL+100,600,1100,1700]
●	Temperature and humidity	Bed Head [FL+600]
★	Globe temperature	Bedside [FL+600]
■	Air flow	Bedside [FL+600], Outlet [FL+2200]
▲	CO <sub>2</sub> concentration	Room [FL+50]



Photo 6.2.2.1-1 モデル住宅 Room 1



Photo 6.2.2.1-2 モデル住宅 Room 2



---

---

### 6.2.3 実験対象者

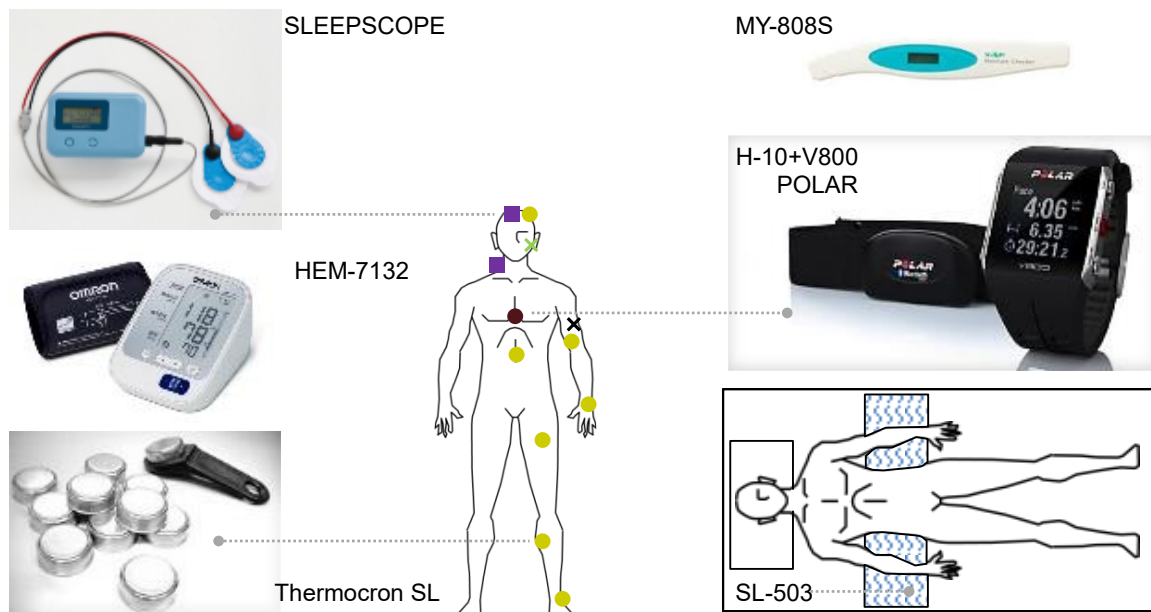
被験者は健康な 20 代男子学生 6 名 (年齢 :  $21.3 \pm 1.2$ 、BMI :  $18.7 \pm 2.5$ )であった。実験の倫理的配慮については大学内倫理審査委員会に提出し、承認を受けた (承認番号 18-006)。実験者は被験者へ研究内容を十分に説明し、書面で全員の承諾を得た。事前にピッツバーグ睡眠質問票 (PSQI) [12]により日常的に睡眠に問題のないことを確認した。被験者は実験開始 30 分前から環境に馴化することとした。被験者に対しては実験前日と当日の刺激物摂取や飲酒の禁止、昼寝や激しい運動、実験開始 2 時間前以降の食事を禁止したが水分は必要に応じて摂取させた。着衣は 0.25 clo 相当 (半袖 T シャツ、半ズボン、下着) で統一し、寝具はタオルケットを使用した。実験後に検証したサーマルマネキンを用いたタオルケットを含めた大凡の基礎着衣熱抵抗は、寝姿勢によりタオルケットへの身体の接触面積が異なり、0.76~1.49 clo となった。

### 6.2.4 実験プロトコル

Fig.6.2.4.1 に被験者の生理測定項目及び測定機器・センサ位置、Photo 6.2.4.1~6.2.4.5、に環境測定機器、Fig.6.2.4.2 に実験スケジュールを示す。測定機器詳細は 6.2.6 で述べる。

睡眠は 0 時 20 分から 7 時 20 分までの 7 時間とし、被験者には就寝 30 分前より空気温度 28°C の居室で順化をさせた。既往研究[13-15]では実験開始前の環境順化時間は 30 分としているため、同様に 30 分とした。順化の間に機器の装着を行いながら待機をした。

被験者は当日の心理量を測定するため、就寝前に温冷感等の申告、当日の健康状態の申告、起床後に温冷感等の申告、OSA 睡眠調査票 MA 版[16]の記入を課した。就寝前と起床後の申告時に皮膚水分率と血圧を申告毎に各 3 回計測し、用紙に記入した。



Legend	Measurement item	Device	Sensor position
■	$\delta$ power	Simple EEG / SLEEPSCOPE	Forehead, Neck
■	Sleep	Mat sleep meter/ SL-503	Under the body
●	Skin temperature	Skin surface temperature / Thermocron SL	Forehead, belly, upper arm, back of hand, thigh, lower leg, ankle
×	Blood pressure	Blood pressure monitor / HEM-7132	Upper arm
●	Heart rate	H-10+V800 /POLAR	Breast
×	Skin moisture contents	Moisture checker/ MY-808S	Left cheek

Fig.6.2.4.1 被験者測定位置と測定機器



Photo 6.2.4.1 Jr503



Photo 6.2.4.2 Jr502



Photo 6.2.4.3 CO2 データロガー



Photo 6.2.4.4 風速プローブ



Photo 6.2.4.5 風速変換器

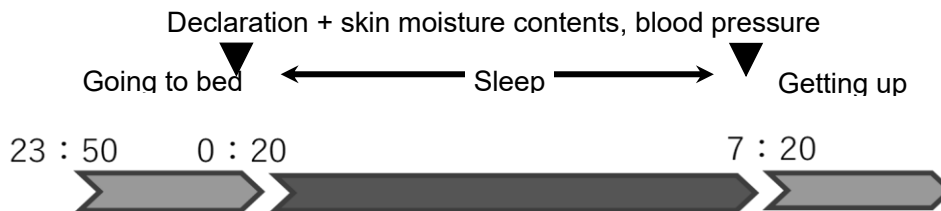


Fig.6.2.4.2 実験スケジュール

### 6.2.5 実験条件

Table 6.2.5.1 に実験条件を示す。各条件の設定温度を満たした実験のみを対象とし、扱うこととし、Table 6.2.5.2 に解析した被験者数を示す。条件 1~3 の空調方式は全館空調、条件 4 は個別空調について実験をし、空調制御による比較を行う。また条件 1 と 2 は Room 1、条件 3 と 4 は Room 2 を使用し、居室と空調位置についても比較をする。本研究では省エネ設定温度の 28℃を基準として空調制御の効果検証を目的とするため、条件 1 は設定温度 27℃一定、条件 2,3 は、実験開始から 3 時間、2 時間、2 時間で 26℃、27℃、28℃ と三段階の制御を行った。同様に条件 4 も実験開始から 2 時間、40 分、4 時間 20 分で 26℃、27℃、28℃ と三段階の制御をした。ここで、条件 1 (全館一定 Room 1)、条件 2 (全館制御 Room 1)、条件 3 (全館制御 Room 2)、条件 4 (個別制御 Room 2) とそれぞれ表記する。

Table 6.2.5.1 実験条件

CASE	CASE 1		CASE 2		
Room	Room 1		Room 1		
Time	~7h		~3h	~2h	~2h
Temperature	27℃		26℃	27℃	28℃
Air-conditioning	WHAC		Whole-House air-conditioning		
CASE 3			CASE 4		
Room 2			Room 2		
~3h	~2h	~2h	~2h	~40min	~4h20min
26℃	27℃	28℃	26.5℃	27℃	28℃
Whole-House air-conditioning			Individual air-conditioning		

※WHAC: Whole-House air-conditioning

Table 6.2.5.2 被験者参加数と解析数

	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
Participants	6	6	6	6
Real number	4	4	4	4

---

---

## 6.2.6 測定項目

### 室内温熱環境

室内の温度測定は測定用ロガーRTR-502 (T&D Corporation, 分解能 0.1°C, 1 回/10 秒, 精度 ±0.3°C, 1ch)、温湿度は RTR-503 (T&D Corporation, 分解能 0.1°C, 1%RH, 1 回/10 秒, 精度 ±0.3°C, ±5%RH, 2ch)、気流測定は無指向性風速プローブ 0965-03 と変換器 Model6332D (日本カノマックス株式会社, 分解能 0.1m/s, 1 回/10 秒, 精度 ±0.3m/s) を使用した。実験中は外部に設置したモニターにより常時室内の空気温度を確認しながら温度調整を行った。また被験者実験に先立って被験者位置に三次元超音波風速計 WA-790 (株式会社ソニック, 分解能 0.005m/s, サンプル周波数 10/s) を設置し、全館空調 26°C 設定での気流環境測定 (Table 6.3.2.1) を行った。

### 心理量

心理量評価は主観申告のほか、実験参加事前アンケートにて睡眠時間や体調を問い、環境については、温冷感、温冷快適感、冷え、気流感、環境全体の許容度を就寝前と起床後に申告してもらった。

申告は積極的な快適性を測定するため両極尺度の 7 段階を採用した。

### 生理量

全被験者に対し睡眠前後の皮膚水分量と血圧の計測を課した。また睡眠中の皮膚温と心拍測定、脳波計による睡眠計測を 1 秒間隔で行い、マット型睡眠計による計測を 30 秒間隔で行った。

皮膚水分率はモイスタチャーチェッカーMY-808S (SCALAR, 静電容量法, 分解能 0.1°C) による左側頬部中央位置での計測、血圧測定は上腕式血圧計 HEM-7132 (OMRON Corporation, 精度 ±5 mmHg, 医療機器認証番号 225AABZX00106000) の腕帯を被験者の上腕部に装着し、腕帯位置が心臓と同じ高さになるよう正しい姿勢かつ安静にした状態で測定した。皮膚水分率と血圧はバラつきを考慮し、毎回 3 回ずつ計測した平均値を使用した。就寝直前と起床直後に記録をすることで被験者の健康状態もある程度把握することができた。

皮膚温は頭、上腕、手背、腹、大腿、下腿、足背の 7 部位に、皮膚温センサ ThermoChron SL (KN Laboratories, Inc., 確度 ±0.5°C, 分解能 0.1°C) を装着する。装着は医療用テープを用いた。センサは接触部以外を遮熱材で加工し、皮膚表面以外の温度に

---

---

影響されないようにした。位置による個体差が出ないように、被験者の左半身側に機器を装着した。

心拍計 H10+V800 (POLAR, 心拍計精度±1%または 1bpm, サンプルングレート 1 秒) は胸部位置に電極付きストラップを固定して装着し、他の機器と干渉しないよう調整し、コネクタを取り付けた。心臓付近で心電を計測できるため、加速度センサで計測する他のウェアラブルセンサより高い精度が見込まれる。

#### 脳波計とマット型睡眠計について

睡眠は脳波計 SLEEPSCOPE (スリープウェル株式会社, 精度 PSG 一致率 86.89%, k 値 0.75316), 管理医療機器 特定保守管理医療機器 クラス II, 医療機器認証番号 225ADBZX00020000) とマット型睡眠計 SL-503 (TANITA CORPORATION, 一般医療機器 クラス I, 医療機器届出番号 05B1X00001000002) による計測を行った。脳波計 SLEEPSCOPE (サンプルング周波数: 128Hz, 電極の素材: disposable Ag/Ag Cl surface electrodes, 電極の位置: マストイド) は超小型デバイス (W94×D34×H63mm, 125g) からケーブルで接続された 2 つの電極パットを額中央と耳後部に装着し、一对の電極付近にある脳の神経細胞から生じた総合電位の変動を計測する。計測データは、睡眠脳波解析プログラムで分析し、睡眠の質やリズムを客観的に評価している。一方、マット型睡眠計 SL-503 はマットレスの下に設置し、センサーマットが感知した睡眠中の呼吸、脈拍、体動を元に睡眠・覚醒の判定や睡眠深度を推定する。身体に負担が少ないため、実験中も普段に近い睡眠を計測することが可能である。睡眠深度の判定法は、アクチグラフと同様に生体由来の振動を高精度体動センサで検知する。睡眠段階は「覚醒」、「REM」、「浅睡眠」、「深睡眠」の 4 段階で数値化され、入眠潜時、睡眠効率に対して十分な精度を有していることが確認されている [17]。実験への慣れを考慮し、連続で参加するのを避けたスケジュールとなるよう管理した。

---

---

各機器についての位置詳細

【脳波】

Fig.6.2.6.1-1 に脳波計測定点及び測定機器 (SLEEP SCOPE)詳細を示す。脳波を測定するため額、耳介後部の2点に脳波計電極パッドを貼り、脳波計の測定を行った。

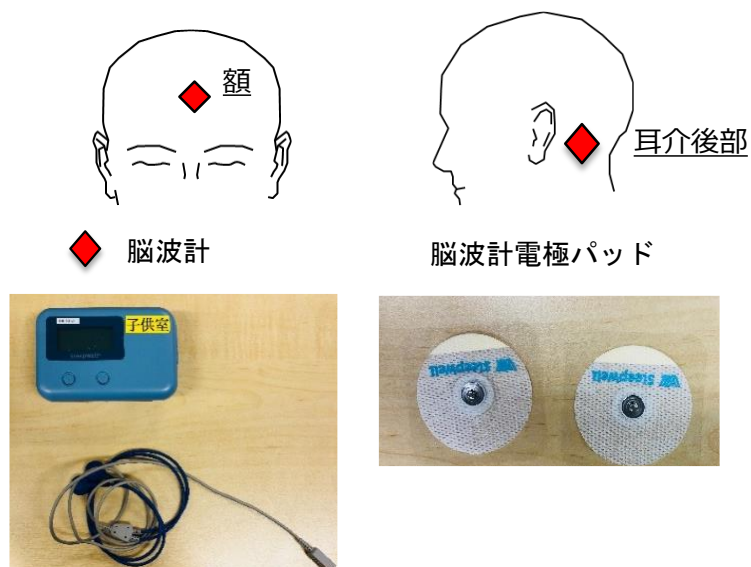


Fig.6.2.6.1-1 脳波計測定点及び測定機器

【心拍】

Fig.6.2.6.1-2 に心拍計測定点及び測定機器 (POLAR)詳細を示す。測定は就寝中の心拍を測定するため胸にベルト型、手首に腕時計型を巻き付け測定した。

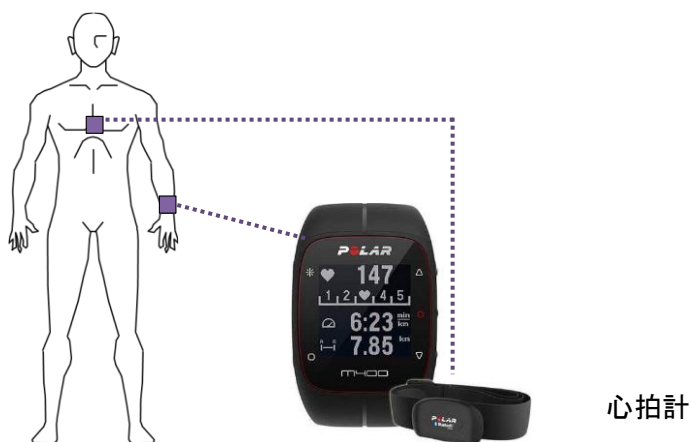


Fig.6.2.6.1-2 心拍計測定点及び測定機器

---

---

### 【皮膚温】

Fig.6.2.6.1-3 に皮膚表面温度測定点及び測定機器（サーモクロン SL）詳細を示す。額、腹、前腕、手背、大腿、下腿、足背に装着し、計 7 点の測定を行った。

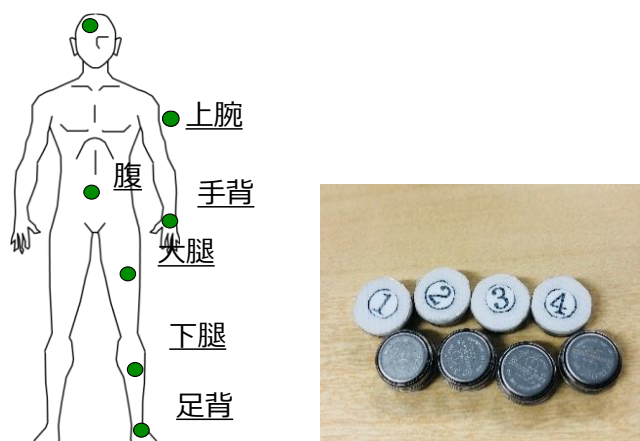


Fig.6.2.6.1-3 に 皮膚表面温度測定点及び測定機器

### 【睡眠】

Fig.6.2.6.1-4 にマット型睡眠計測定位置及び測定機器 (SL-503)を示す。

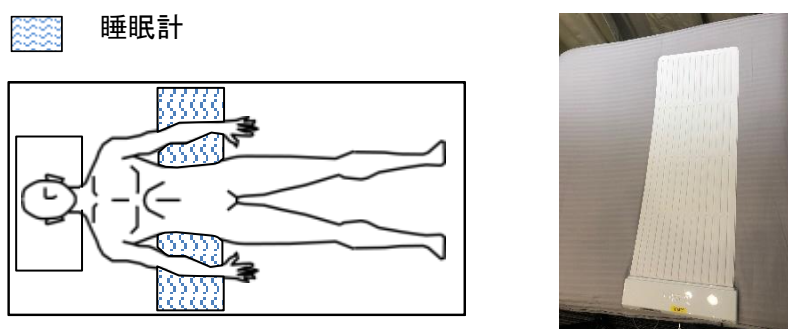


Fig.6.2.6.1-4 睡眠計測定位置及び測定機器

### 【血压】

Fig.6.2.6.1-5 に血压計を示す。就寝前、就寝後に左上腕で血压の測定を行った。



Fig.6.2.6.1-5 血压計



---

---

◆皮膚水分量・皮膚画像

Fig.6.2.6.1-6 に皮膚水分量測定機器（モイスターチェッカー）を示す。就寝前、就寝後に測定を行った。



Fig.6.2.6.1-6 皮膚水分量測定機器（モイスターチェッカー）

### 6.2.7 統計処理

条件間においては1元配置分散分析法を行い、有意差が認められた場合はBonferroni法を用いて多重比較を行った。また同一条件内においては平均値を求め、それらの有意差検定についてはt検定を用いた。危険率0.05以下のとき有意差ありとし、各測定項目の結果は平均値（SD：標準偏差）で示した。分析はBellCurve 3.20 for Excel（SSRI Co., Ltd.）を用いた。

---

---

## 6.2.8 倫理的配慮

本研究は、睡眠の調査をする為、芝浦工業大学生命工学研究倫理審査委員会の承認を得て研究を行った。以下に、各研究段階の内容を含めて、本研究における倫理的配慮について述べる。

### 1. 個人の人権擁護

この研究は、人を対象とする医学系研究に関する倫理指針を遵守する。本実験は室内での実験であることや、大学構内に保健室もあり警備員が夜間も常駐しているため、医療従事者の立会いを伴わず実施する。医療従事者の立会いの有無に関しては旭化成ホームズ(株)と国立研究開発法人産業技術総合研究所が行った睡眠実験 [7]での国立研究開発法人産業技術総合研究所倫理委員会の判断を参考にした。実験は人工気象室ではなく一般住宅を利用し、実際の寝室環境に近い条件で行ったとあり、今回の実験とほぼ同じ条件である。また研究対象者も同様に成年男子とある。医療従事者の立会いの有無についての具体的な記載はないが、筆者に直接問い合わせ、立ち合いが無かったことを確認している。

実験中において本実験を行う実験室内には実験従事者が常時滞在し、関係者以外が立ち入らないようにする。センサの着脱は実験従事者が対応する。また、体調を確認するため、当日は予めアンケートによるメディカルチェックを行う。研究対象者の体調が優れない場合は実験開始を中止する。

### 2. 対象者から同意を得る方法

本研究を実施するにあたり、同意書を作成し研究協力施設及び対象者に調査の意義・目的・内容・方法を十分に口頭と文章で説明した。調査は無記名で行い、個人情報侵害することがないこと、調査の協力は強制ではなく中断や中止は対象者の自由であること等を伝え、個人や施設が特定されないように配慮した上で、学会の研究発表や論文を投稿すること、研究で使用した調査用紙や書類は研究終了後に筆者が全てシュレッダーにかけ破棄すること、研究に関して疑問などある場合はすぐ対応できること等を、口頭と文章で十分に説明した。これらの主旨を承諾書に記載し、口頭と文章にて説明し、十分に理解していただいたのちに、調査を開始した。また中断や中止の申し出があった場合は、調査はすぐ中止し、データはその当日中に破棄するようにした。調査の中断や中止に関しては、外部や施設関係者にも口外しないことを説明した。

---

---

### 3. 研究により生じる対象者への利益・不利益およびリスク

研究対象者は、実験に参加しないことによる不利益はない。また、実験への参加・不参加は成績に影響しない。生理量測定機器(皮膚温センサ、ウェアラブルセンサ)を腕などにつけて使用する際に、医療用テープによるかぶれの発生が懸念されるため、事前に実物を提示してかぶれる可能性について説明し、対象者への確認、必要であれば代替品(極低刺激性の医療用テープ)を用いる。実験に用いる機器についての安全性については別途資料のとおり。実験中、研究対象者が体調不良を訴える等をした場合には、直ちに実験自体を中止する等の措置をとる。その後、必要に応じて近隣の夜間対応の医療機関、例えば実験が江東区豊洲の場合(名称:昭和大学江東豊洲病院 所在地:〒135-8577 東京都江東区豊洲5-1-38 連絡先:03-6204-6000)、港区赤坂の場合(名称:虎ノ門病院 所在地:〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-2 連絡先:03-3588-1111)に同行する。

### 4. 個人情報の完全な保護の方法

本実験により得られた実験データは、今回の研究目的にのみ使用する。また、氏名、住所等の個人が特定される情報は一切公開しない。研究対象者本人に実験データの開示を求められた場合も開示しない。データは管理番号でのみ管理し、個人の特定をできないようにし、写真等の個人情報は外部に漏れることがないように厳重に管理する。データの保管場所は、秋元研究室(芝浦工業大学豊洲校舎研究棟6階06D25)である。電子データは、秋元研究室実験担当者の使用する、パスワードが設定されたパソコン内部またはセキュリテイ機能付きUSBメモリに保管する。実測および解析期間中は秋元研究室内の実験担当者のパソコン内部にあり、アクセス権は秋元研究室の実験担当者にある。実測後の保管場所は秋元研究室内の鍵付きキャビネットに、USBメモリで保管する。紙媒体も同じ場所に一時保管する。紙媒体のデータは、電子データ化した後にシュレッダー等を使用し廃棄する。保管責任者は秋元孝之(芝浦工業大学建築学部建築学科教授)である。

### 5. 研究から生じる知的財産権について

知的財産権は、本学または共同研究先の機関に帰属する。本研究で得られたデータを基に、寝室内での温熱環境と人体の生理量の変化・温冷感の関係を把握することで温熱環境が人体に与える影響を調査できる。この調査結果から睡眠時の空調における対策技術の提

---

---

---

案や、睡眠に有用となる環境に関する情報発信を行い、温熱環境の改善に貢献することができる。

#### 6. 研究結果の公表の仕方

研究結果は書面により施設に報告した。また研究成果を学会等で公表する際は、事前に対象者や施設に学会名と公表内容や正確なデータを元に十分に説明し、口頭と文書で施設側に伝えた。以上について調査依頼書に記載し、同意を得た。

#### 7. 利益相反について

データの操作・改ざん等などの利益相反が生じないように、データ回収等は芝浦工業大学の学生が全て行い、企業・学生を含めた複数人でデータの結果を確認する。大学の知財保有・寄附金受領情報や研究契約先企業の情報を契約担当部署に提供している。また、その旨共同研究の契約書を交わして進めている。

---

---

## 6.3 結果

外気温の影響を考慮し、後半の設定条件温度から 1°C以上基準値に満たなかったケースは全て除外した。よって各条件の n 数は 4 とする。ここで除外したのは同一の被験者である。全ての被験者が各ケース 1 回の実験を行うため、一名につき 5 回の計測を行い、初回の結果を除外した。睡眠と生理量のデータ分布結果は (最小値、最大値、平均値、平均-標準偏差、平均+標準偏差) を示す。

### 6.3.1 温湿度環境測定

Fig.6.3.1.1 に各条件の段階ごとの平均枕上温熱環境結果を示す。空気温度は条件 2 (全館制御 Room1)と条件 3 (全館制御 Room2)において、全館空調の特性により、実験開始後から徐々に温度が低下し、第 2 段階で設定通りとなった。条件 4 (個別制御 Room2)は第 2 段階以降の温度が上昇せず、設定温度を下回る結果となった。次に各条件の段階ごとの平均相対湿度環境結果を Fig.6.3.1.2 に示す。相対湿度は条件 4 (個別制御 Room2)で 60%後半となった。条件 4 (個別制御 Room2)の場合は個別空調条件のため、全館空調条件と同等の全熱交換システムが稼働しないため、十分な換気が行われず、60%を超える湿度となった。睡眠に何らかの影響を与えていることが十分考えられる。最後に各条件の段階ごとの平均絶対湿度環境結果を Fig.6.3.1.3 に示す。条件 1 (全館一定 Room1)のみ段階ごとに絶対湿度が低下した。

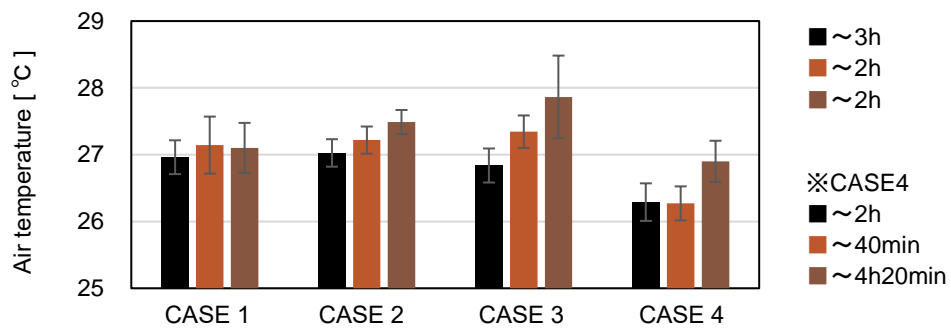


Fig.6.3.1.1 各条件の段階ごとの平均枕上温熱環境(SD)

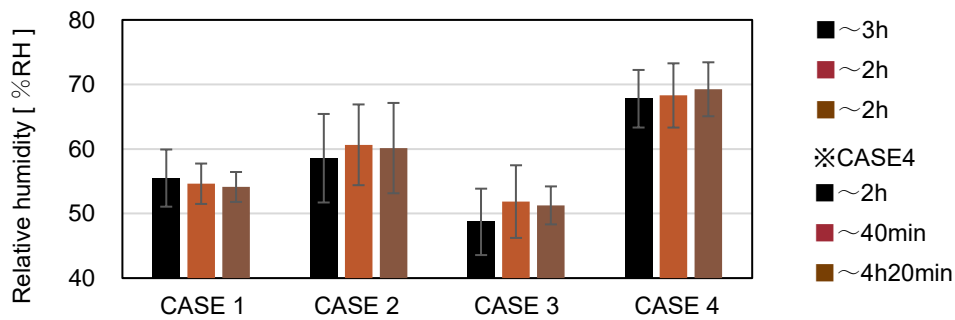


Fig.6.3.1.2 各条件の段階ごとの平均相対湿度 (SD)

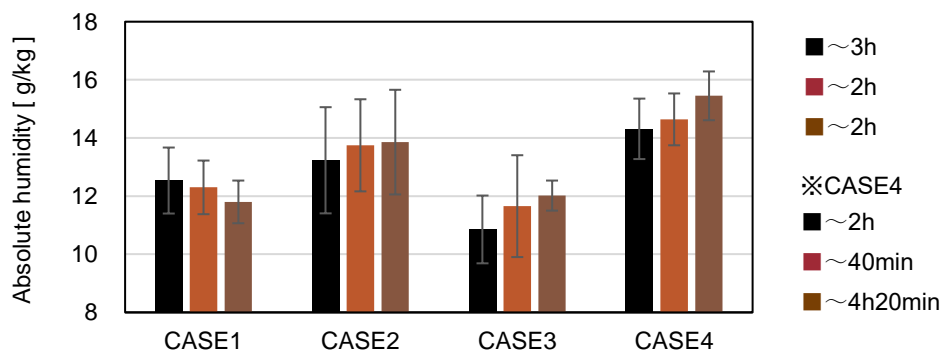


Fig.6.3.1.3 各条件の段階ごとの平均相対湿度(SD)

### 6.3.2 気流環境測定

Table 6.3.2.1 に事前に計測した三次元超音波風速計による 26°C設定での全館空調平均気流環境結果 (SD)、Table 6.3.2.2 に睡眠時の無指向性風速計による被験者位置平均気流環境結果を示す。Table 6.3.2.2 より条件 1 (全館一定 Room1)と条件 2 (全館制御 Room1)の気流は平均 0.02~0.05m/s、条件 3 (全館制御 Room2)の気流は平均 0.02~0.09m/s、条件 4 (個別制御 Room2)は平均 0.05~0.15m/s であった。わずかではあるが条件間に気流差があった。なお個別空調は設置が実験期間のみと限られていたため、事前気流測定は行っていない。

Table 6.3.2.1 三次元超音波風速計による 26°C設定での全館空調平均気流環境結果 (SD)

	Head	Body	Leg	Outlet
Room 1 【m/s】	0.06(0.1)	0.02(0.0)	0.15(0.1)	0.89(0.6)
Room 2 【m/s】	0.04(0.1)	0.11(0.4)	0.38(0.6)	0.82(0.8)

Table 6.3.2.2 睡眠時の無指向性風速計による被験者位置平均気流環境結果 [m/s]

Time	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Head	Body	Head	Body	Head	Body	Head	Body
~3h	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02	0.09	0.15	0.09
~2h	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02	0.08	0.12	0.08
~2h	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.07	0.13	0.05

---

---

### 6.3.3 睡眠時の温熱気流快適感

就寝前と起床後に行った温熱快適性に関する主観申告結果を比較する。Fig. 6.3.3.1 に温冷感、Fig.6.3.3.2 に温熱快適感、Fig. 6.3.3.3 に気流感、Fig. 6.3.3.4 に気流快適感を示す。温冷感は今館空調条件でやや暖かいの回答が多く、条件 4 (個別制御 Room2)は最も涼しい申告となった。温熱快適感は今すべての条件で快適側となり、条件 4 (個別制御 Room2)では不快側から快適側となった。気流感は条件 2 (全館制御 Room1)と条件 3 (全館制御 Room2)で気流を感じない側の回答となり、気流快適感は今条件 2 (全館制御 Room1)と条件 3 (全館制御 Room2)で低下し、不快側が増加した。全体的に条件 1 (全館一定 Room1)が良い結果となった。この結果より、主観は睡眠中ではなく睡眠前の環境の影響が強いと考えられる。さらに入眠時に空気温度を低下させることは、主観に良い結果となると想定したが、快適感にとっては逆の結果となった。



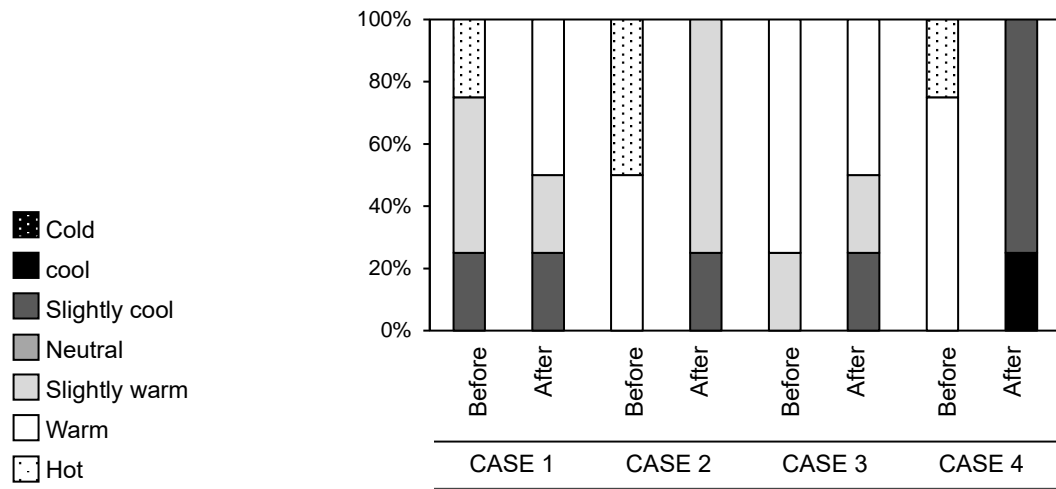


Fig. 6.3.3.1 就寝前・起床後の温冷感申告

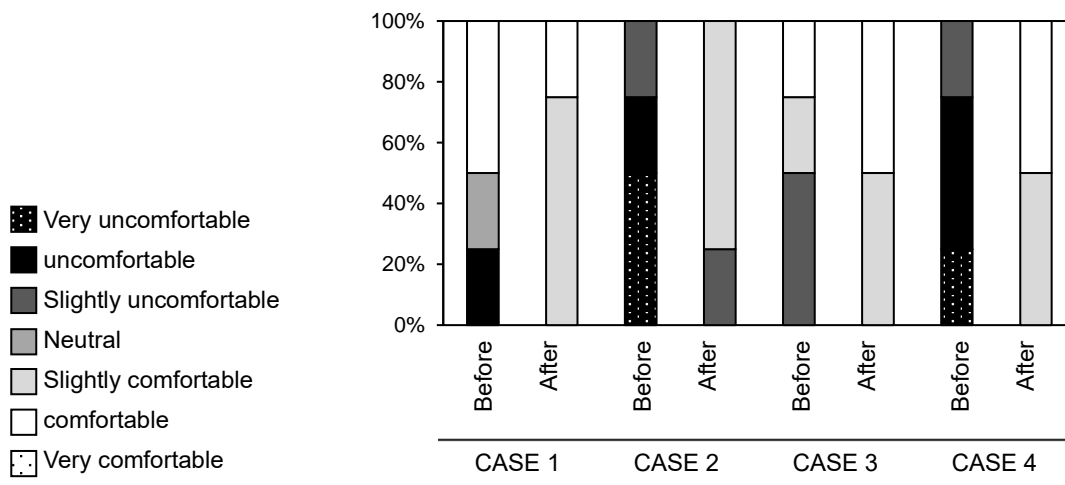


Fig. 6.3.3.2 就寝前・起床後の温熱快適感

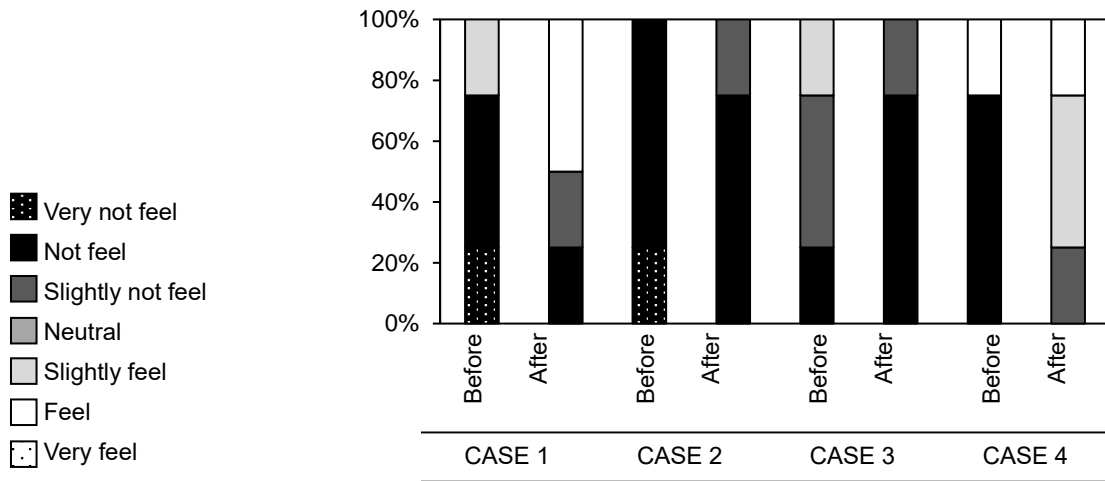


Fig. 6.3.3.3 就寝前・起床後の気流感

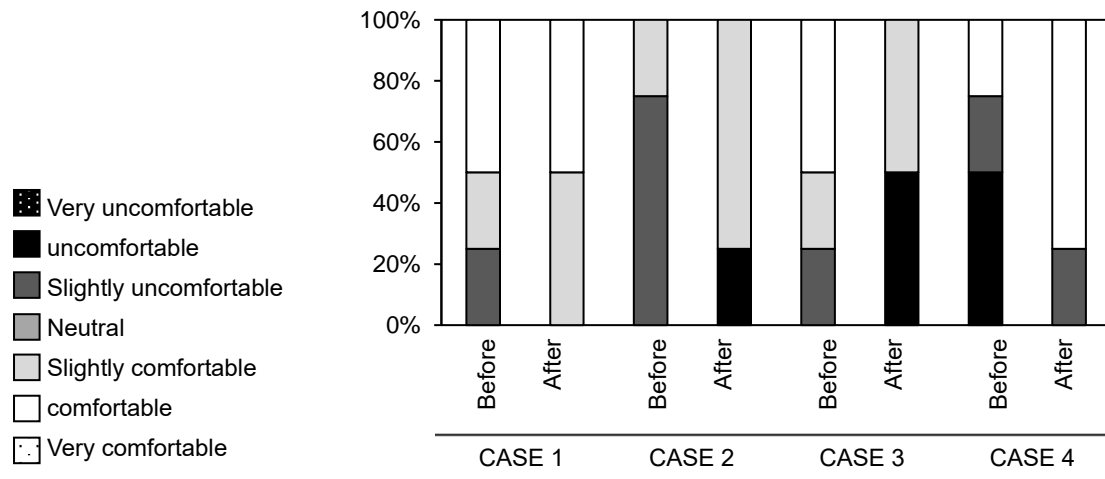


Fig. 6.3.3.4 就寝前・起床後の気流快適感

---

---

#### 6.3.4 睡眠変数

Fig.6.3.4.1 に脳波計による各条件の入眠潜時、Fig.6.3.4.2 に睡眠効率、Fig.6.3.4.3 に中途覚醒割合を示す。入眠潜時は条件 4 (個別制御 Room2)で最も長かった。個別空調の特性でもある急速な温度低下が要因となり、入眠を妨げたと考えられる。睡眠効率は条件 1 (全館一定 Room1)と条件 2 (全館制御 Room1)が 92~93%と高く、全体においても 80%以上となった。中途覚醒割合は全体的に覚醒度が低かったが、条件 1 においてとくに低かった。気流変化の少ない一定温度の制御方法による影響と考えられる。

次に Fig.6.3.4.4 にマット型睡眠計による前半の深睡眠割合、Fig.6.3.4.5 に脳波計による第 1 周期の  $\delta$  パワー値相対値を示す。 $\delta$  パワーとは眠りの深さの指標であり、徐波睡眠時に放出される脳波の振幅を指す。ノンレム睡眠時に出現する。徐波と呼ばれる低い周波数の中でも、さらに低い方の  $\delta$  波 (0.5~2Hz)の出現頻度を指標にしている。この割合が多ければ深い睡眠と判定できる。ここでは睡眠の評価に第 1 周期の  $\delta$  パワー値を用いる。個体差を考慮し、相対値 (測定値 / 個人毎の全測定平均値)として算出、正規化した。 $\delta$  パワー値は第 1 周期に多いほどよく、睡眠前半より後半で徐々に出現率が減ることが質の良い睡眠とされる[18]。Fig. 6.3.4.5 より、条件 2 (全館制御 Room1)において  $\delta$  パワー値が第 1 周期に最も多く、条件 3 (全館制御 Room2)との間に有意差がみられた。どちらの条件も同じ空調制御方法で、かつ温度差も小さかったことから、寝床位置に対する全館空調吹出口からの気流の影響が最も大きいと考えられる。また Fig. 6.3.4.4 のマット型睡眠計による前半の深睡眠割合も条件 2 (全館制御 Room1) で最も高く、機器に関わらず同様の傾向が見られた。

#### 6.3.5 心拍の変化

各条件の睡眠時の心拍数結果を Fig. 6.3.5.1 に示す。条件 2 (全館制御 Room1)と条件 4 (個別制御 Room2)において心拍数が有意に減少した。睡眠が深くなるにつれ心拍数は減少する[19]といわれており、第 1 周期の  $\delta$  パワーとの関連が推察された。

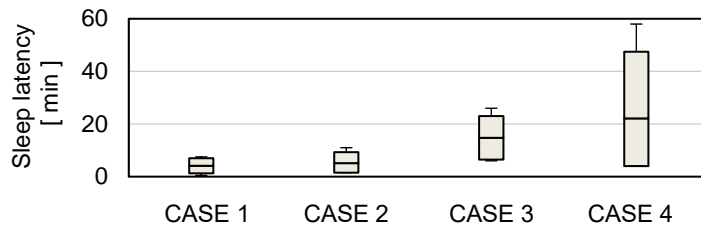
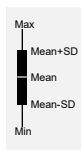


Fig.6.3.4.1 脳波計による各条件の入眠潜時

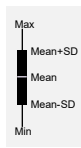


Fig.6.3.4.2 脳波計による各条件の睡眠効率

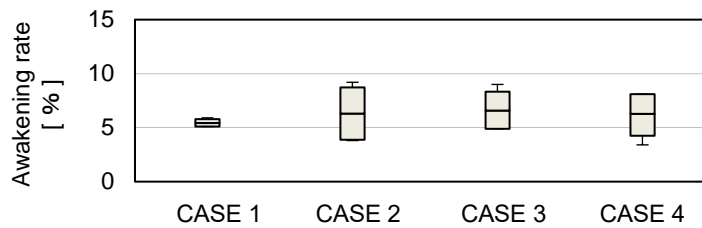
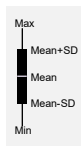


Fig.6.3.4.3 脳波計による各条件の中途覚醒

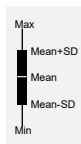


Fig.6.3.4.4 マット型睡眠計による前半の深睡眠割合

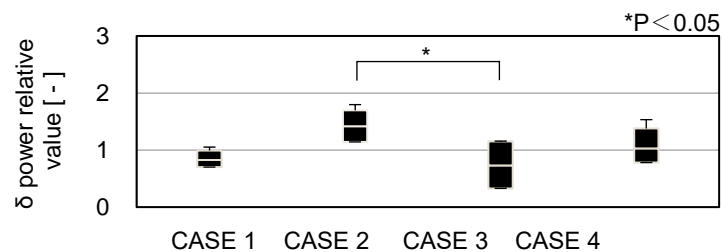
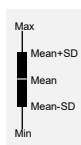


Fig.6.3.4.5 脳波計による第1周期の $\delta$ パワー値相対値 [ $\mu V^2/min$ ]

---

---

### 6.3.6 血圧の変化

各条件の就寝前と起床後の収縮期血圧結果を Fig. 6.3.6.1 に示す。睡眠前後の血圧を比較すると、条件 1 (全館一定 Room1) で 8.8mmHg、条件 2 (全館制御 Room1) で 6.0 mmHg、条件 4(個別制御 Room2)において 7.3 mmHg 有意に低下した。条件 3 (全館制御 Room2)においても低下しており、湿度環境の影響以外に主観的要因も無視できない。睡眠により副交感神経が優位になり緊張緩和したと推察する。また条件間の増減においては有意差がみられなかった。

### 6.3.7 皮膚水分率

Fig.6.3.7.1 に各条件の就寝前と起床後の左頬部皮膚水分率を示す。睡眠前後の皮膚水分率を比較すると、条件 1 (全館一定 Room1) で 1.7%と有意に増加し、条件 2 (全館制御 Room1)において有意に低下した。3 段階に温度を制御する条件 2 (全館制御 Room1)と条件 3 (全館制御 Room2)はともに皮膚水分率が減少していることから全館空調制御の影響と推察されるが複合的要因の可能性が高く主観的要因も無視できない。また相対湿度が高い場合でも皮膚水分率が低かったことから相対湿度は皮膚水分率への影響が少ない。条件間の増減においては条件 1 (全館一定 Room1)と条件 2 (全館制御 Room1)に有意差がみられた。

### 6.3.8 皮膚温

皮膚温は Hardy and Dubois の 7 点法 [21] により、額、上腕、手背、腹、大腿、下腿、足背で計測した。このうち額は他の露出部位と比べ室内温熱環境の影響を受けやすい。また睡眠中の額皮膚温は睡眠深度と対応しており、睡眠深度が深くなると皮膚温が低下するといわれている [22]。空調吹出口による位置差を考慮し、設定温度が一定である条件 1 (全館一定 Room1)と、入眠時の空気温度を低下させ段階的に温度を上げる制御を行った条件 2 (全館制御 Room1)について検討する。これらは同室で実験を行った。Fig.6.3.8.1 に被験者別睡眠前半 3 時間の額皮膚温 (SD) を示す。実験開始 1 時間後から 2 時間後を比較すると、条件 1(全館一定 Room1)は額皮膚温がさほど低下しなかった。一方、条件 2(全館制御 Room1)は開始 1 時間後から額皮膚温も下がる傾向にあり、実験開始 2 時間後も低下していた。条件 2(全館制御 Room1)は条件 1(全館一定 Room1)と比較し、前半の深睡眠割合 (Fig. 6.3.4.4)や第 1 周期の  $\delta$  パワー値 (Fig.6.3.4.5)が高い結果を示していた。これにより、前半に空気温度を低下させる空調制御は深睡眠を増加させる可能性が示唆された。

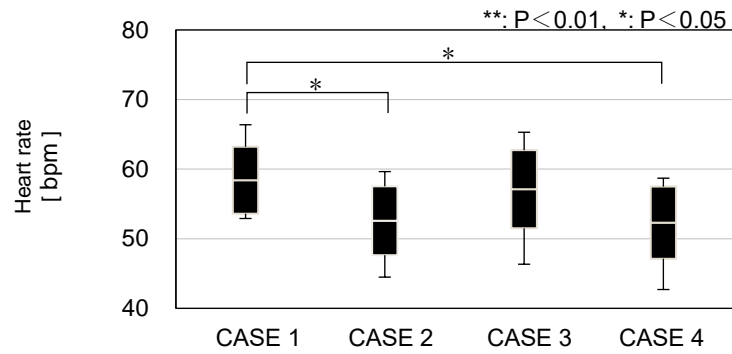
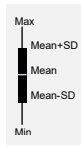


Fig.6.3.5.1 各条件の睡眠時の心拍数結果

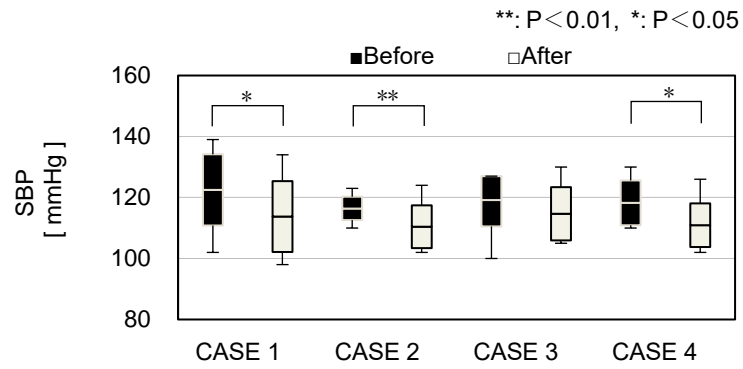
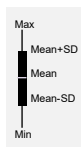


Fig.6.3.6.1 各条件の就寝前と起床後の収縮期血圧結果

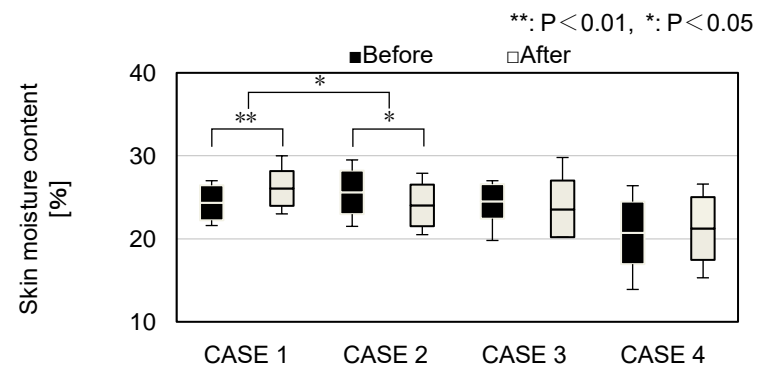
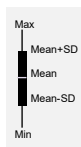


Fig.6.3.7.1 条件の就寝前と起床後の左頬部皮膚水分率

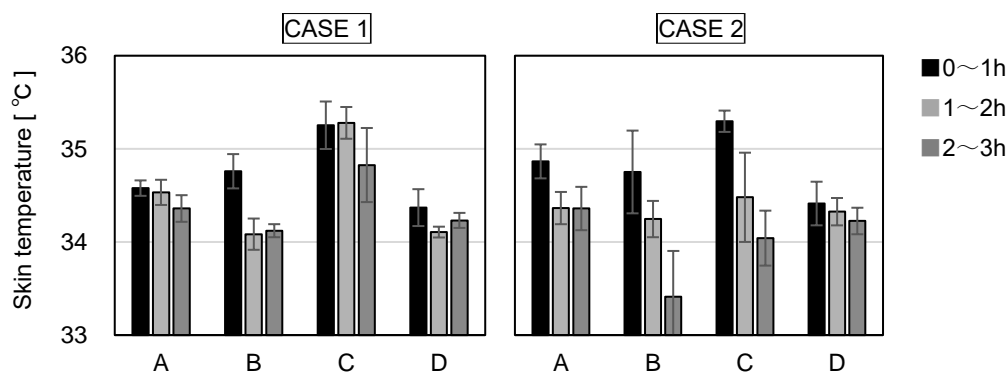


Fig.6.3.8.1 被験者別・睡眠前半3時間の額皮膚温 (SD)

## 6.4 考察

### 6.4.1 気流の向きによる睡眠への影響

条件 2 (全館制御 Room1)と条件 3 (全館制御 Room2)の睡眠結果について比較検討する。この 2 つは同時間帯を同設定温度で同じように段階的に空調制御したが、居室の仕様により吹出口位置が異なっていた。居室窓位置の違いによる光環境の影響は排除し (Fig. 6.2.2.1)、条件間の CO<sub>2</sub> 濃度は差がないこと (Fig.6.4.2.1)を確認したため、吹出口位置の違いによる影響が考えられる。どちらも主観申告 (Fig.6.3.3.3)では気流をほとんど感じなかった。条件 3 (全館制御 Room2)の場合、気流は足元高さ 2200 の吹出口から睡眠時の身体側面に対して垂直方向に吹いた。一方、条件 2 (全館制御 Room1)は頭上高さ 2200 の吹出口から睡眠時の身体に平行方向に吹いた。吹出口位置、つまり身体に対する気流の向きの違いが睡眠の質に影響したと推察する。睡眠時の身体側面に対して垂直方向に気流が吹く場合、睡眠に影響がみられた (Fig.6.3.4.1, 6.3.4.4)。Fanger ら [23]は 0.05m/s 以下の気流はほとんどの人が感じられないと報告した。無意識下で身体が刺激を感じているとすれば、本研究においては身体に対する垂直方向からの気流により身体に刺激を与えていたと考えられる。気流速度による研究は多々あるが[3, 4, 24]、気流速度が低い場合でも、気流の向きが影響し刺激となり、睡眠の質が低下した。

## 6.4.2 睡眠と CO2

Fig.6.4.2.1 に睡眠時の平均 CO2 濃度経時変化を条件別に示す。他条件に対し、条件 4 は睡眠中盤にかけて CO2 濃度が 1000ppm を超える値を示した。全館空調未使用時は換気機能が付属しない居室内に個別空調を設置したため、十分な換気量が得られなかったことが予測される。CO2 の高い寝室で寝た場合、睡眠効率が低くなり、起床時に疲労を感じるということが分かっている[25]。CO2 濃度による睡眠への影響は既往でも明らかであるが、本研究においてケースごとの空調設定条件や環境が異なるため比較が難しい。個体差も見られたため、他の要因も考慮し今後の検討事項としたい。

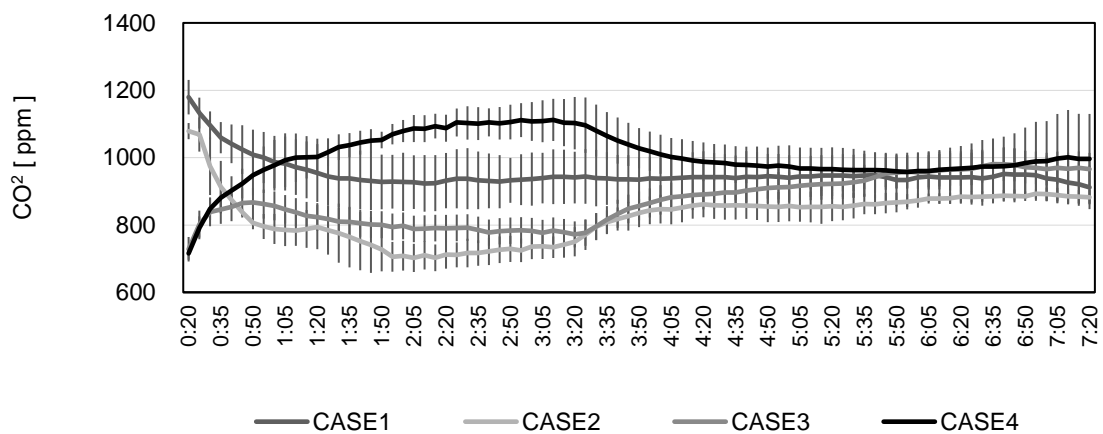


Fig.6.4.2.1 睡眠時の条件別 CO2 濃度経時変化 (SD)

## 6.4.3 睡眠の主観評価

Fig.6.4.2.1、Fig.6.4.2.2 に OSA 睡眠調査票（因子 II・IV）の結果を示す。因子 II 「入眠と睡眠維持」では、条件 4（個別制御 Room2）が最も得点が低く、主観において寝つきの悪い結果となった。条件 4 は他の条件と比較すると入眠時の温度変化が大きく、身体に冷刺激を強く感じ入眠に時間がかかってしまったと考えられる。条件 2（全館制御 Room1）は最



も得点が高いことから、入眠時の温度を徐々に下げ、冷刺激を少なくすることで入眠までの時間も短くなり、睡眠の満足度が上がったと考えられる。因子IV「疲労回復」では、条件1（全館一定 Room1）が最も得点が高く、主観において有意に疲労回復を感じた。室温変化が小さいことが疲労回復に効果があった。他の条件のように睡眠前半は温度を下げ、後半にかけて温度を上げるようにすることで、睡眠の満足度が上がると思われるが、条件1に比べて気流感や冷刺激を感じやすい。疲労回復に関しては刺激の少ない制御法が効果的とみられる。

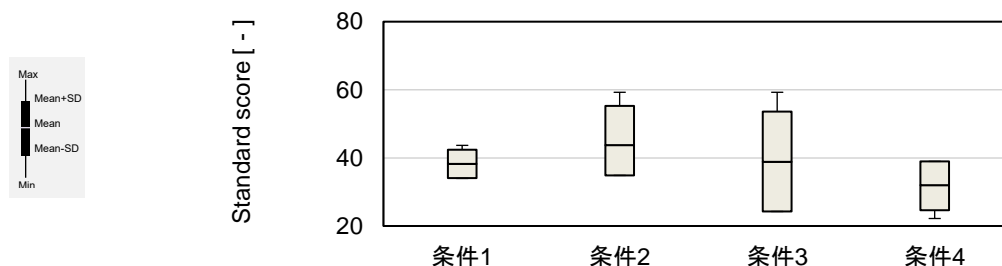


Fig. 6.4.2.1 OSA 睡眠調査票・因子 II: 入眠と睡眠維持

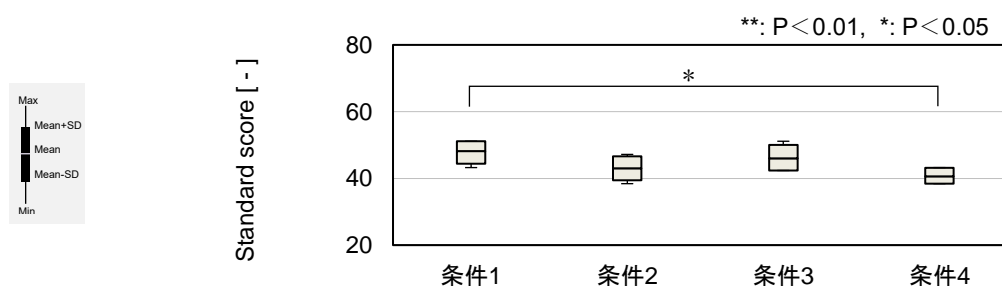


Fig. 6.4.2.2 OSA 睡眠調査票・因子 IV: 疲労回復

#### 6.4.4 OSA 調査票と脳波計による睡眠評価

本項は OSA 睡眠調査票による睡眠感得点と脳波計による睡眠変数との関連を検討する。Spearman の順位相関係数を用いて脳波計睡眠変数と OSA 睡眠感得点の関係性を分析した。Table 6.4.3.1 に OSA 睡眠調査票得点と脳波計睡眠変数の平均値と標準偏差、Table 6.4.3.2 に Spearman 相関係数による比較を示す。因子 I は睡眠時間、全睡眠時間および睡眠効率 ( $r = -0.66$ ,  $p = 0.005$ ) と有意な負の相関関係が認められた。因子 II はステージ割合 3 深睡眠と有意な正の関連が、ステージ割合 2 浅睡眠 ( $r = -0.66$ ,  $p = 0.005$ ) とは有意な負の関連がそれぞれ認められた。因子 III は睡眠効率と有意な正の関連があり、ステージ割合覚醒、中途覚醒回数 ( $r = -0.74$ ,  $p = 0.001$ ) および第 1 周期の  $\delta$  パワー値と有意な負の相関関係がみられた。因子 IV はステージ割合 1 と有意な正の関連が、ステージ割合 2 ( $r = -0.59$ ,  $p = 0.02$ ) とは有意な負の関連がそれぞれ認められた。因子 V はステージ割合レム ( $r = 0.55$ ,  $p = 0.03$ ) と有意な正の関連があった。ステージ割合 2 浅睡眠は因子 II 「入眠と睡眠維持」と因子 IV 「疲労回復」得点に、それぞれ負の関連が有意に認められた。

Table 6.4.3.1 OSA 睡眠調査票得点と脳波計睡眠変数平均値

OSA sleep score	Average	SD
Factor I: Sleepiness when waking up	41.17	4.6
Factor II: falling asleep and sleep maintenance	38.20	9.8
Factor III: Dream	47.78	11.1
Factor IV: Fatigue recovery	44.45	4.2
Factor V: Sleep time	42.20	8.9
EEG sleep variable	Average	SD
Sleep latency (min)	11.53	13.9
Sleep time (SPT) (min)	400.09	31.8
Total sleep time (TST) (min)	375.47	30.9
Sleep stage 1 (NREM stage 1) (%)	13.13	7.5
Sleep stage 2 (NREM stage 2) (%)	44.11	7.0
Sleep stage 3 (NREM stage 3) (%)	13.33	5.8
Sleep stage REM (%)	23.28	3.7
Stage rate awakening (%)	6.14	1.6
Total wake after sleep onset (WASO) (times)	26.06	9.4
Sleep efficiency (%)	91.08	3.8
$\delta$ power value of the first sleep cycle ( $\mu V^2 / \text{min}$ )	4715.04	3285.8

Table 6.4.3.2 Spearman 相関係数による比較

脳波計睡眠変数	因子 I	因子 II	因子 III	因子 IV	因子 V
Sleep latency (min)	0.44	0.13	-0.28	0.08	0.10
Sleep time (SPT) (min)	-0.63 **	0.02	0.00	-0.27	-0.24
Total sleep time (TST) (min)	-0.66 **	0.09	0.31	-0.35	-0.35
Sleep stage 1 (NREM stage 1) (%)	0.31	0.38	-0.05	0.56 *	0.19
Sleep stage 2 (NREM stage 2) (%)	-0.30	-0.66 **	-0.33	-0.59 *	-0.34
Sleep stage 3 (NREM stage 3) (%)	-0.35	0.54 *	0.35	-0.29	0.15
Sleep stage REM (%)	0.38	-0.07	-0.18	0.38	0.55 *
Stage rate awakening (%)	0.42	-0.11	-0.57 *	0.32	0.30
Total wake after sleep onset (WASO) (times)	-0.05	-0.06	-0.74 **	-0.09	0.19
Sleep efficiency (%)	-0.51 *	-0.02	0.51 *	-0.17	-0.21
$\delta$ power value of the first sleep cycle ( $\mu V^2$ /min)	-0.38	-0.13	-0.68 **	-0.35	-0.17

\*\* :  $P < 0.01$ , \* :  $P < 0.05$

---

---

## 6.5 第6章のまとめ

本研究では居室と空調制御による比較を行い、夏期の空調制御が睡眠に与える影響について調査した。若年男性 6 名で実験を行い、4 名を対象に、室内温熱環境と睡眠、心理、生理量について定量的に検討し、条件ごとに比較し評価した。結果、以下のことが明らかになった。

(1) 【睡眠】 夏期の睡眠では、条件 2 (全館制御 Room1)において、第 1 周期の徐波睡眠時に放出する  $\delta$  パワー値の出現率が有意に高い結果となり、深睡眠が増した。段階的な気流変化による影響が考えられる。

(2) 【睡眠】 入眠潜時は条件 4 (個別制御 Room2)で最も長くなった。個別空調の特性でもある急速な温度低下が要因となり入眠を妨げたと考えられる。入眠時に急激な温度低下を起こさず徐々に温度を制御することが睡眠にとって良い環境といえるであろう。

(3) 【睡眠】 吹出口位置の違い、つまり身体に対する気流の向きの違いが睡眠へ影響した。睡眠時の身体側面に対して垂直方向に気流が吹く場合、無意識下で何らかの刺激となり睡眠の質が低下した。

(4) 【主観】 OSA 睡眠調査票より、条件 1 (全館一定 Room1)に疲労回復効果がみられた。室温変化の小ささが影響したと考える。主観評価と実測値との有意な関連も認められたことから、本実験で行った温度設定は睡眠環境に適していると考えられる。

(5) 【心拍】 心拍数においては、条件 2 (全館制御 Room1)と条件 4 (個別制御 Room2)で有為に減少した。睡眠が深くなると減少し、副交感神経が優位になり緊張が緩和することから  $\delta$  パワーとの関連が深いと推察する。

(6) 【皮膚温】 睡眠前半に温度を下げる制御は睡眠中の額皮膚温を低下させ、深睡眠を増加させた。

今回は若年者のみを対象に被験者実験を行ったが、若年者と高齢者の比較をした場合、高齢者は設定温度が低い環境の快適感が不快側を申告する傾向にある [26]ことが分かっている。高齢者への配慮も検討すると設定温度が高い温熱環境がより好ましい。睡眠関連の研究において、研究変数間の因果関係を決定する十分なデータを得るためには多数の被験者が必要である。本研究の対象者は特定の年齢の若年男性 (平均年齢 21.3 歳)であり、サンプル数も限られていた。年齢と性別は、体温調節反応の重要な要素であり、睡眠の質に影響する[27]。したがって、今後は性別や年齢層が異なる被験者間の睡眠に対する温熱環境

---

---

の影響を評価する必要がある。睡眠段階に応じて温度を調整する IoT センサによる制御システムの検証[28]や、睡眠翌日の作業効率についても睡眠の質による違いが報告されており[29]、今後は経時的に自動制御を行う空調の活用方法が進むと予測される。

---

---

## 参考文献

- [1] Elliott C. Fox et al.: Sleep Debt at the Community Level: Impact of Age, Sex, Race/Ethnicity and Health, *Sleep Health*, Vol.4, No.4, pp.317-324. (2018)
- [2] Health Bureau, Ministry of Health, Labor and Welfare: Sleep Guidelines for health promotion, 2014 (in Japanese)  
厚生労働省健康局: 健康づくりのための睡眠指針, 2014
- [3] Lan, Li, Lian, Z.W., Lin, Y.B.: Comfortably Cool Bedroom Environment During the Initial Phase of the Sleeping Period Delays the Onset of Sleep in Summer, *Building and Environment*, Vol.103, pp.36-43. (2016)
- [4] Lan, Li, Tsuzuki, K., Liu, Y.F., Lian, Z.W.: Thermal Environment and Sleep Quality: A Review, *Energy and Buildings*, Vol.149, pp.101-103. (2017)
- [5] Mizuno, K., Nagai, Y. and Iizuka, S.: The Effect of Ambient Temperature Change on the Covered Area of the Body During Sleep, *Journal of Home Economics of Japan*, Vol. 54, No.12, pp.1025-1030. (2003)
- [6] Tsuzuki, K.: Effects of Thermal Environment on Human Sleep and Thermoregulation, *Japanese Journal of Biometeorology*, Vol.50, No.4, pp. 25-134, 2014. 1 (in Japanese)  
都築和代: 温熱環境と睡眠, 日本生気象学会雑誌, 第 50 巻, 第 4 号, pp.125-134. (2014)
- [7] Morito, N. et al.: Effects of Cool Airflow on Sleep and Skin Temperatures; Comparison of Two Types of Air-Conditioners by Human Subject Experiments, *Japanese Journal of SHASE*, Vol.35, No.161, pp.19-27, 2010 (in Japanese)  
森戸直美, 西宮肇, 都築和代: 冷房の気流が睡眠と皮膚温に及ぼす影響: 被験者実験による冷房方法の比較, 空気調和・衛生工学会論文集, 第 35 巻, 第 161 号, pp.19-27. (2010)
- [8] Itoigawa, T. et al.: The Physiological and Psychological Effects of Cooling System During Sleeps, *Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)*, Vol.81, No.720, pp.133-140, 2016. 2 (in Japanese)  
糸井川高穂, 羽山広文, 山岸浩: 冷房方式の違いによる睡眠時の生理心理反応の違いに関する実験的研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻, 第 720 号, pp.133-140. (2016)
- [9] Itoigawa, T. et al.: The Physiological and Psychological Effects of Cooling System on Peripheral Regions in Supine Posture, *Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)*, Vol.81, No.725, pp.573-580, 2016. 7 (in Japanese)
-

---

---

糸井川高穂, 羽山広文, 山岸浩: 冷房方式の違いによる仰臥姿勢の人体の末梢部位の生理心理反応の違いに関する実験的研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻, 第 725 号, pp. 573-580. (2016)

[10] Iwaki, A. et al.: Study on Sleep Environment by Air-Conditioning Equipment; Investigation of Whole-House Air-Conditioning and Individual Air-Conditioning, Technical Papers of Annual Meeting, the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineering of Japan, Vol.6, pp.301-304, 2019 (in Japanese)

岩城朱美, 秋元孝之, 美寿見奈穂, 古橋拓也: 空調機器による睡眠環境に関する研究; 全館空調と個別空調の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, Vol.6, pp.301-304. (2019)

[11] Mitsubishi Electric Nakatsugawa Works Residential Blower Manufacturing Department Air-Conditioning System Technology Section: Air Resort 2 Zone LOSSNAY Ventilation / HVAC System Replacement Installation Manual, Mitsubishi Electric Corporation, pp.1-6, 2015. 11 (in Japanese)

三菱電機中津川製作所住宅用換気送風機製造部空調システム技術課: エアリゾート 2ゾーンロスナイ換気・冷暖房システムリプレイス施工要領書, 三菱電機株式会社, pp.1-6. (2015)

[12] Yoko, K. et al.: Questionnaire – Epworth Sleepiness Scale (ESS), Pittsburgh Sleep Questionnaire (PSQI), Athens Insomnia Scale, Sleep and Medical, Vol.4, No.1, pp.34-36, 2011. 06 (in Japanese)

駒田陽子, 岡島義, 井上雄一: 質問紙の使い分け—エップワース眠気尺度 (ESS), ピッツバーグ睡眠質問表 (PSQI), アテネ不眠尺度—, ねむりと医療, 第 4 巻, 第 1 号, pp.34-36. (2011)

[13] Nishihara, N. and Tanabe, S.: Subjective Experiments on Productivity under Moderately Hot Environment, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.68, No.568, pp.33-39, 2003. 6 (in Japanese)

西原直枝, 田辺新一: 中程度の高温環境における知的生産性に関する被験者実験, 日本建築学会環境系論文集, 第 68 巻, 第 568 号, pp.33-39. (2003)

[14] Nishikawa, M. et al.: The Effect of Moderately Hot Environment on Performance and Fatigue Evaluated by Subjective Experiment of Long Time Exposure, Journal of

---

---

Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.74, No.638, pp.525-530, 2009. 4  
(in Japanese)

西川雅弥, 西原直枝, 田辺新一: 中程度の高温環境下の長時間作業が作業効率と疲労に与える影響に関する被験者実験, 日本建築学会環境系論文集, 第 74 巻, 第 638 号, pp.525-530. (2009)

[15] Goto, T. and Ito, K.: Thermal/Air Environment Effects on Academic Performance of Late-Teen Students, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 75, No.655, pp.767-774, 2010. 9 (in Japanese)

後藤伴延, 伊藤一秀: 若年層 (16~22 歳)を対象とした温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討, 日本建築学会環境系論文集, 第 75 巻, 第 655 号, pp.767-774. (2010)

[16] Yamamoto, Y. et al.: Development and Standardization of OSA Sleep Sensation Questionnaire (MA version) for Middle-Aged and Elderly People. Japanese Journal of Biological Psychiatry, JSBP, Vol.10, pp.401-409, 1999 (in Japanese)

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: 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, 第 10 巻, pp.401-409. (1999)

[17] Yamamoto, G. et al.: Study on Usefulness of Mat Type Sleep Meter, Sleep Medicine, Vol.6, No.3, pp.473-480, 2012 (in Japanese)

山本学, 伊賀富栄, 清水美衣, 小原さおり, 浦野哲哉, 青木琢也, 阿部直, 吉井文均: マット型睡眠計の有用性に関する検討, 睡眠医療, 第 6 巻, 第 3 号, pp.473-480. (2012)

[18] Rechtschaffen A: A Manual of Standardized Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects, Brain Info Service and Brain Res Inst. (1968)

[19] Shimamoto, H. and Shibata, M.: The Relationship Between Physical Activity and Sleep: A Literature Review, Journal of Osaka University Higher Education Research, Vol.2, pp.75-82, 2014 (in Japanese)

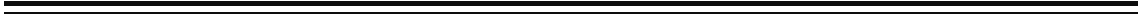
島本英樹, 柴田真志: 身体活動と睡眠に関する文献的研究, 大阪大学高等教育研究, 第 2 巻, pp.75-82. (2014)

[20] Hall M, Vasko R, Buysse D, Ombao H, Chen Q, Cashmere JD, Kupfer D, Thayer JF.: Acute Stress Affects Heart Rate Variability During Sleep, Psychosom Med., Vol.66, No. 1, pp.56-62. (2004)

---



- 
- 
- [21] Hardy, J. D. and DuBois, E. F.: The Technique of Measuring Radiation and Convection, *Journal of Nutrition*, Vol.15, pp.461-475. (1938)
- [22] Kubo, H. et al.: Depth of Sleep, Skin Temperature, and Sleep Satisfaction During Overnight Sleep, *Ergonomics*, Vol.35, pp.456-457, 1999 (in Japanese)  
久保博子, 赤木博子, 梁瀬度子, 多田智徳: 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*, 第 35 卷, pp.456-457. (1999)
- [23] P. O. Fanger, N. K. Christensen: Perception of Draught in Ventilated Spaces, *Ergonomics*, Vol.29, No.2, pp.215-235. (1985)
- [24] Unno, K. et al.: Effects of Thermal Load and Its Variation on Sleep, *Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)*, Vol.80, No.716, pp.917-923, 2015. 10 (in Japanese)  
海野賢, 三宅絵美香, 田辺新一: 人体熱負荷とその変動が睡眠に及ぼす影響, *日本建築学会環境系論文集*, 第 80 卷, 第 716 号, pp.917-923. (2015)
- [25] P. Strøm-Tejse, D. Zukowska, P. Wargocki, D. P. Wyon: The Effects of Bedroom Air Quality on Sleep and Next-Day Performance, *Indoor Air*, Vol.26, No.5, pp.679-686. (2016)
- [26] Okamoto-Mizuno, K. and Tsuzuki, K.: Effects of Season on Sleep and Skin Temperature in the Elderly. *Int J Biometeorol.*, Vol.54, No.4, pp.401-409. (2010)
- [27] Z. Wang et al.: Individual Difference in Thermal Comfort: A Literature Review, *Build. Environ.*, Vol.138, pp.181-193. (2018)
- [28] J. Ngarambe et al.: Effects of Changing Air Temperature at Different Sleep Stages on the Subjective Evaluation of Sleep Quality, *Sustainability*, Vol.11, No.5, pp.14-17. (2019)
- [29] Honda, E. et al.: Economic Evaluation on the Effect Thermal Environment Control in Summer on Sleep and Work Efficiency, *Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)*, Vol.81, No.724, pp.525-530, 2016. 6 (in Japanese)  
本多英里, 伊香賀俊治, 大平昇, 岡島慶治, 海塩渉: 夏季の温熱環境制御が睡眠と翌日の作業効率に与える影響の経済性評価, *日本建築学会環境系論文集*, 第 81 卷, 第 724 号, pp. 525-530. (2016)
-

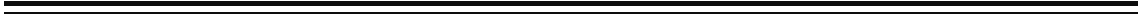


---

---

# 第7章

## 今後の展望



---

---

## 第7章 今後の展望

今後は、睡眠状態に応じて換気や温度、湿度などの空調設備を調整する技術を確立することが不可欠である。加えて簡単な方法で睡眠状態を推定し、既存の環境と睡眠状態との相関関係を特定し、人体への影響を調査するには、センシング技術が不可欠である。さらに、今後の研究では、皮膚の質感を使用した新しい尺度で睡眠環境が身体にどのような影響を与えるかを評価する必要があると考えている。

日本では、冬に低湿度環境となるため乾燥を感じる。本研究では冬期の14日間、合計35名の中年者が睡眠中の頭部周囲に個人加湿機を設置する実験を東京で行った。この期間、参加者の皮膚水分含有量と皮膚の質感（キメ）に対する局所加湿の影響を調査した。ここで使用されたパーソナル加湿機は、頭部周囲のみに蒸気を噴霧するデバイスであり、睡眠中に乾燥する傾向がある喉、鼻、および顔の皮膚に潤いを与えるものである。従来のものは部屋全体の湿度を上げるように設計されていたが、この研究で使用した加湿機は、頭部周囲において最適な湿度レベルを維持することに焦点を合わせていた。また、夏期に行われた同様の調査の結果も既に公開し、本論文でも触れている[1]。

高齢化問題については、高齢者になってからではなく、中年から対策を講じることが重要だと考える。したがって、中年を対象に調査し、加湿の効果を検証した。日本では、これらの問題に対処している老年医学および予防医学の理解がいまだに不足しており、教育活動の内容が満たされていない。このことから対策として、医学、看護、福祉、建築などのさまざまな科学を有機的にリンクし、連携させることが必要である。細胞およびホルモン機能の低下は老化を加速し、これらの現象は若い身体でも発生するが、40代以降の身体では、老化に直接関連する問題である。動脈硬化や糖尿病などの生活習慣病は、皮膚のシミ、シワ、くすみなどの外観上の問題を引き起こす。これらは、中年からのライフスタイルを自らが検討することで抑制できる。この研究に基づいて、睡眠中のパーソナル加湿機使用は、とくに中年労働者群の男性と女性に関して、身体的および精神的健康の観点から有益であると断言する。

現在、この研究で得られた結果の適用性を、加湿機を使用している高齢者や睡眠中の子供のケースに適用することは困難であると考えられる。このことは、ここでの実験ケースの結果から他者への外挿が困難であることを意味しており、その一因として、年齢層の違いにあると推測される。しかし、高齢化は、中高年の人々だけでなく、子供たちにも関係する

---

---

問題である。将来の努力として、老化に対する環境要因の影響の調査、およびこの研究の限界と不確実性を克服するための研究が行われなければならない。

今後の考えられる睡眠環境の例として、スマートハウスによりAI化された寝室が挙げられる。自動化された空調制御は、より気軽に快適な睡眠を得るだけでなく、健康状態の監視・管理が可能となるだろう。これらを考慮した「スマート・睡眠・環境」研究が今後の課題である。また、夏期睡眠時に空調冷房設備を稼働させない状態が多かった寝室においても、最近の猛暑の影響もあり、睡眠時の冷房空調の常時稼働運転が進みつつある。

オンラインコミュニケーション技術の性能向上により我々の生活環境は大きく変貌した。コロナ禍において居住環境や寝室環境の問題への対策は、技術の発展と共にさらなる研究を進めることが必要と考えられる。

#### 睡眠による知的生産性向上への可能性

湿度環境だけではなく、空気質環境についても検討をしなければならない。現在行っている研究を進めるため、睡眠実験を拡張し、起床後の作業効率や知的生産性向上についての研究を加え、さらに発展させたいと考えている。作業効率と知的生産性についての研究は既に行った[2-4]。それらは夏期と冬期のエアコンを使用している室内環境を想定し、上下温度差をつけた環境で行う被験者実験である。家庭内での椅坐位作業を想定し、足部と頭部の温度差 3℃以内で上下温度差の存在する条件と、上下均一条件、上下均一な温度に、夏は局所気流、冬は局所加湿を加えた条件について検証した。夏期は若年被験者男女 10 名、冬期は 6 名を対象に、室内温熱環境と作業効率、心理、生理量について定量的に検討し、男女別と条件ごとに比較し、評価した。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 夏期の情報処理作業では男性は条件 2 の頭熱足寒が最も高い成績となり、女性は局所気流のある条件が高い結果となった。知的生産作業において、男性に有意差はないものの条件 1 の頭寒足熱が最も高い成績となり、女性は条件 2 の頭熱足寒が最も高かった。

(2) 男性においては、知的生産性作業成績が高い条件では心拍数が低く、情報処理作業成績が高い条件では瞬目数が低かった。女性においては、情報処理作業成績が高い条件では瞳孔径が縮小し、知的生産作業成績が高い条件では生理量に有意な影響がみられなかった。

---

---

(3) 情報処理作業において、男性は下半身の快適感が高いほど成績が向上し、女性は下半身が不快側なほど成績が高くなった。女性の場合、不快感の上昇により緊張感が増し、覚醒効果が得られたことが成績に影響したと考えられる。

(4) 作業時のコンタクトレンズ装用者と裸眼者を比較すると、コンタクトレンズ装用者は上部気流のある条件で瞬目が増加した。コンタクトレンズ装用により眼の乾燥感が増すことが予測され、より一層気流を感じるようになったことで瞬目に更なる影響を及ぼしていたといえる。

(5) ロジスティック解析結果より、情報処理作業成績において男性は上下温度差の影響が大きく、女性は局所気流の影響が大きかった。知的生産性作業成績において男性は心拍の影響が大きく、女性は上下温度差の影響が大きかった。

(6) 冬期においては、上部 23℃下部 26℃の頭寒足熱が、体全体と下半身ともに快適で、かつ疲労や眠気を感じず集中しやすいという回答割合が最も高い条件となった。作業成績においても、頭寒足熱が最も高い結果となった[5]。

(7) 下半身快適感において快適側に申告された割合が高い条件ほど作業成績も高い結果となったことから、条件間で差がみられた足部の皮膚表面温度に着目すると、足部の平均皮膚表面温度が高いほど下半身快適感が増し、成績も高くなることが分かった。

(8) 上下 26℃に加湿機を稼働させた環境では、加湿機を稼働しなかった条件と比較して、眠気を感じる側の申告割合が高くなった。一方、疲労を感じる側の申告は加湿機を稼働した条件の方が 25%低い結果となったことから、加湿をすることで疲労を抑制し作業成績向上に効果がある可能性が考えられた。

至適温度とされていた範囲内で、上下温度差の存在する環境条件下での情報処理作業と知的生産作業について、夏期と冬期それぞれに検証した。ここに新たな評価指標として睡眠を加えることにより、客観的評価に関する新たな知見や、学術的意義も大きいと考える。今後の目標は、睡眠が知的生産作業を計測する指標として有用であるか、また、睡眠が疲労軽減に有用であるかを、睡眠計と **Typing Test** 等を用いて検討することである。今後の研究の推進方策として、

- ①睡眠は疲労の軽減に有用であり、
  - ②睡眠計を用いて睡眠の効果を明らかにすることで
  - ③翌日の作業効率の向上に有用な取り組みを明らかにできる
- と考えている。

---

---

### 3つの実験について

本研究は温度、湿度、気流、空気質といった環境要因を取り上げ、実験を行った。結果、加湿や気流、空気質が睡眠に影響を与えていたことを示唆していた。3つの実験はある一定の条件下においての効果を示すものである。日常生活において睡眠環境を補うことにより「身体的、精神的負担」が軽減する可能性は高いと思われる。メカニズムの検証はなされていないが、今回の検証により因果関係を無視できない。再現性に関する論理は弱いため、さらなる検証として、今回解明できなかった以下のことを今後の検討事項としたい。

■第4章：時間帯を考慮した加湿時の睡眠への影響

■第5章：局所加湿による血圧への影響

■第6章：CO<sub>2</sub>濃度差による睡眠への影響・風速の小さい気流の睡眠への影響

### 若年者と中年者の睡眠

本実験の若年者と中年者の睡眠について比較を試みる。3つの実験は場所や条件、季節も異なるため、単純に比較することは難しい。まずはアンケートを比較し、さらに関連するデータから導き出される傾向を抽出した。

#### 【中年者】

- ・途中で目覚めるなど睡眠の維持困難
- ・睡眠時間が短い
- ・全館空調居住者は入眠潜時間が短い

#### 【若年者】

- ・睡眠維持について問題はないものの、入眠前の生活に課題が多い
- ・中途覚醒がほとんどない
- ・入眠潜時は短く、睡眠効率が良い

Table.7.1.1 に示したが、中年者が睡眠維持困難や起床時の疲労感等何らかの問題を抱えているのに対して、若年者の睡眠の質は比較的に高かった。時間に余裕があり十分な睡眠がとれていることが要因と思われる。不規則な生活になりやすい若年者の普段の睡眠調査



を行い、生活を正した場合の条件との比較を行っていきたい。中年者については年齢的な要因と考えられるため、睡眠の質向上には環境を整えることが重要と考える。

Table.7.1.1 若年者と中年者の睡眠

	若年男性	中年（一般住宅）	中年（全館空調住宅）
睡眠効率 良・悪	睡眠効率:高 (第6章・全館空調)	睡眠効率:やや高 (第5章)	睡眠効率:低 (第5章)
入眠潜時 良・悪	入眠潜時:短 (第6章・全館空調)	入眠潜時:長 (第5章)	入眠潜時:短 (第5章)
睡眠維持 良・悪	覚醒:少ない (第6章)	途中で目覚める 睡眠維持困難 (第4章)	途中で目覚める 睡眠維持困難 (第5章)
寝起き 疲 労感 良・悪	疲労感:残らない (第6章)	疲労感:やや残 (第4章)	疲労感:やや残 (第4章・第5章)
快適感 良・悪	—	—	夏冬:快適 (第5章)
睡眠時間 良・悪	—	睡眠時間:短い (第4章)	睡眠時間:短い (第5章)

---

---

## 参考文献

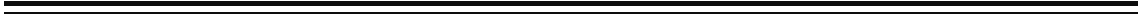
- [1] Iwaki, A., Akimoto, T.: Survey on the effect of sleep on summer using personal humidifier on the skin and blood pressure of middle-aged people. The 4th International Conference on Building Energy and Environment, pp.504-507. (2018)
- [2] Iwaki, A. et al.: Effect of vertical temperature difference and local airflow on productivity: Influence of the indoor thermal airflow environment on the human body in summer, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.84, No.764, pp.927-936, 2019.10 (in Japanese)  
岩城 朱美, 秋元 孝之, 美寿見奈穂, 古橋 拓也: 知的生産と作業効率向上に適した上下温度差と局所気流に関する研究 夏期の室内温熱気流環境が人体に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, 第 84 巻, 第 745 号, pp.927-936. (2019)
- [3] Iwaki, A. et al.: Verification of the effect of sleeping environment and humidification on middle-aged people in whole-house air-conditioning ventilation system housing, The 13th REHVA World Congress CLIMA 2019, Bucharest (2019)
- [4] 古橋拓也, 逸見憲一, 美寿見奈穂, 折戸真理, 秋元孝之, 岩城朱美, 熊井あゆ未: 空調機器制御による温熱気流環境生成に関する研究 冬季覚醒時作業に適した上下温度差と湿度制御, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 II, pp.301-302. (2017)
- [5] 岩城朱美, 秋元孝之, 逸見憲一, 美寿見奈穂, 古橋拓也: 空調機器による室内温熱気流環境に関する研究—知的生産に適した上下温度差と湿度の検討—, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.245-248, (2017)

---

---

# 第 8 章

## 最終結論



---

---

## 第 8 章 最終結論

本研究では、睡眠時の寝室における室内温熱環境因子が、中年者と若年者の睡眠へ及ぼす影響を調査、検討し、評価をする上で考慮すべき点について考察を行った。また、それら環境因子が、睡眠時の人体（とくに皮膚）へ与える影響について、被験者実験を実施し、評価手法を提案した。本研究の対象者である若年者と中年者は、学業または職業に就いており、日常ストレスを伴う状況が考えられるため、睡眠満足度の低下が推察された。また、室内環境の問題や生活設計など様々な要因が絡み、睡眠障害を起こしやすい可能性も考えられた。睡眠障害は、日中の覚醒状況に影響を及ぼし生活活動力を低下させ、健康状況を悪化させる。このことから、本研究は、睡眠の質向上を得られるような室内温熱環境の構築を検討するものである。本研究で定義した睡眠の質とは、ぐっすり寝ている状態だけではなく、知覚のある状態も含めて成り立っている。本章では、本論文で得られた知見を総括する。

第 1 章では、研究の背景として、我が国で問題となっている超高齢化における予防医学の考え方について触れ、日本における睡眠の現状について解説した。通勤時間や労働時間の長さなどを背景に、40 代と 50 代を中心に多くの人が睡眠不足となっている実態が浮き彫りになった。また睡眠時間だけではなく、睡眠環境が睡眠に及ぼす影響について事例をあげた。

第 2 章では、研究の枠組みと構成、目的と意義について述べ、本研究における倫理的配慮について触れた。本研究の対象者は、加齢を基盤とした状態になるまでの予防が可能である。睡眠障害によって健康破綻をきたし、高齢者の生活の質低下に伴い社会生活が狭小化することから、睡眠障害の改善は社会的意義がある [1] と考える。

第 3 章では睡眠及び睡眠障害のしくみや原因、疾病の危険性を明らかにし、睡眠に関する既往研究を探った。加齢により、サーカディアンリズムやホルモンの生体機能の変化が起こると睡眠障害をきたし、慢性的な睡眠障害はノンレム睡眠から得られる成長ホルモンの分泌や免疫機能を抑制させ、生活習慣病の悪化や癌の発生率を高めることがわかった。

さらに室内温熱環境因子が、睡眠へ及ぼす影響について調査した研究事例について検討を行った。生理学を基礎とした睡眠時の温熱環境に関する既往研究では、睡眠時と覚醒時

---

---

---

の体温調節反応や皮膚温の変化と睡眠段階との関係に着目しているものが多かった。また、日本における睡眠環境は季節の影響が大きく、夏の睡眠は高湿度環境により睡眠が阻害され、冬の睡眠は低湿度環境により睡眠が阻害されることから、季節に応じたきめ細やかな空調制御を行うことが、睡眠の質に良い影響を与えられと考えられる。また、睡眠には年齢差だけではなく、性差による特徴があることや、生活スタイルが大きく影響しており、影響を与える要因が複数あった。

第4章は、東京近郊に生活圏のある中年男女を対象に、被験者が居住する住宅において睡眠環境実験を行った。被験者宅は住宅種別が異なるため、目視調査を行い、築年数より断熱性能を調査した加湿環境が中年者の皮膚と睡眠に及ぼす影響を評価する実験では、異なる断熱性能の住宅居住者の睡眠時にパーソナル加湿器を使用して、頭部周囲の加湿が睡眠に与える影響や皮膚の水分率、皮膚の肌理について解析した。冬期睡眠時の入眠潜時に局所加湿が有効であるが、睡眠効率を維持するためには加湿時間帯に工夫を要すること等を確認した。

皮膚表面の肌理（キメ）画像解析においても有意に加湿性に優れることが認められ、加湿環境の有効性が示唆された。乾燥度の高い冬期においては、実測値だけでなく画像解析においても有意差がみられ、抗加齢効果の可能性を見出す結果[2]となった。

第5章は、空気循環式全館空調システムの温熱快適性に注目し、全館空調住宅居住者の睡眠に関する実験を行った。24時間連続運転の全館空調方式が備えられた住宅において、中年者の寝室環境、睡眠皮膚水分率及び血圧等を詳細に調査した。また、睡眠効率等に関して個別空調住宅居住者との比較を行った。入眠前の室温調整の睡眠への影響を把握すると共に、起床後の収縮期血圧上昇を抑制する空調・加湿方法などを明らかにした。

個別空調住宅では、睡眠効率が良好であり有意差があった。この結果から、一定の室温の場合、睡眠効率が低下すると考えられる。睡眠効率を上げるには、睡眠中の温度を細かく調整することが必要であろう。個別空調住宅では達成できることがわかったが、全館空調の制御にも拡充することが可能である。

第6章では、睡眠を向上させつつ人体の温熱不快感を生じさせないような就寝時の室内環境条件を把握するため、被験者実験を行った。空調制御方式の違いや温度、気流によっ

---

---

---

て睡眠の質が向上する可能性がある [3]。しかしながら、睡眠時の温熱環境条件を人体が許容できないと感じる可能性も考えられる。平成 28 年省エネ基準対応の全館空調システムモデル住宅を使用し、居室及び空調方式の違いによる睡眠への影響を評価するための若年者を対象とした実験を行った。夏期睡眠時における全熱交換型全館空調方式の設定室温を変化させる制御条件の違いによって生じる段階的な気流変化や吹き出し口位置の違いによる気流性状と、入眠や睡眠維持、疲労回復、入眠潜時、睡眠効率、深睡眠割合等との関係を把握した。今回は若年者のみを対象に被験者実験を行ったが、若年者と高齢者の比較をした場合、高齢者は設定温度が低い環境の快適感が不快側を申告する傾向にある [4] ことが分かっている。高齢者への配慮も検討すると設定温度が高い温熱環境がより好ましい。睡眠翌日の作業効率についても睡眠の質による違いが報告されており [5]、今後は経時的に自動制御を行う空調の活用方法が進むと予測される。

第 7 章では、今後、さらに発展させて行う研究として、睡眠が翌日の作業効率や知的生産性にどのような影響をするのか、ということに触れた。すでに秋期実験を行い、今回はタイピングによる作業効率と睡眠との関係を検討している。今年度はテレワークを想定し、実験を行ったが、様々な手法で検討が必要である。

今後の考えられる睡眠環境の例として、スマートハウスにより AI 化された寝室が挙げられる。自動化された空調制御は、より気軽に快適な睡眠を得るだけでなく、健康状態の監視・管理が可能となるだろう。これらを考慮した「スマート・睡眠・環境」研究が今後の課題である。また、夏期睡眠時に空調冷房設備を稼働させない状態が多かった寝室においても、最近の猛暑の影響もあり、睡眠時の冷房空調の常時稼働運転が進みつつある。

オンラインコミュニケーション技術の性能向上により我々の生活環境は大きく変貌した。コロナ禍において居住環境や寝室環境の問題への対策は、技術の発展と共にさらなる研究を進めることが必要と考えられる。

Table.8.1.1 は本論文で行った 3 つの実験結果のまとめである。良い点を青文字、悪い点を赤文字で示す。第 4 章では冬期の加湿機使用により寝つきが良くなる傾向がみられたが、睡眠効率は低下した。第 5 章では全館空調住宅居住者の入眠潜時が短縮し、入眠前室温の効果がある一方で、睡眠効率は低下しており、設定温度を一定とした影響もみられた。個別空調住宅においては細かい温度制御の効果により睡眠効率が低い結果となった。第 6 章

---

---

では温度一定制御は疲労感に効果があるが、睡眠効率や深睡眠は低下した。また全館空調の段階温度制御において入眠潜時が短く、睡眠効率が高く、第 1 周期の  $\delta$  パワー値が高い結果となった。



Table.8.1.1 結果のまとめ

章	第4章	第5章	第6章
時期	夏期・冬期	夏期・冬期	夏期
対象	中年男性・女性	中年男性・女性	若年男性
場所	自宅寝室 戸建・集合住宅	全館空調住宅(戸建) 寝室	実験住宅寝室 全館空調実験住宅
空調方式 換気方式	— —	全館空調(/個別空調) —	全館空調/個別空調 全熱交換型換気
温度条件 湿度条件	温度指定なし 夏冬：無加湿/加湿	24時間運転 冬：無加湿/加湿	一定/温度制御 —
環境の 影響  良・悪	断熱性能高い →室温: 高 断熱性能低い →相対湿度: 高  加湿の影響 ・不快感: 夏期 ・快適感: 冬期	全館空調住宅: 夏 →室温高く安定 快適性: 高  全館空調住宅: 冬 →相対湿度: 低	温度一定 →気流感がない  段階温度制御 →気流の向きの影響 (吹出口位置)  個別制御 CO2: やや高 →換気機能無
睡眠  良・悪	夏期 加湿機使用時 不快感  冬期 加湿機使用時 ・入眠潜時: 短 ・睡眠効率: 低	全館空調住宅 ・入眠潜時短縮 →入眠前温度の影響 一定の温度制御による 影響→睡眠効率低下  個別空調住宅 ・睡眠効率: 高い →細かい温度制御効果	温度一定 ・疲労感に効果あり ・睡眠効率: 低  段階温度制御 ・入眠潜時: 短 ・睡眠効率に効果 ・第1周期 δパワー値: 高
皮膚  良・悪	中年女性 皮膚水分率 →局所加湿効果  肌理画像解析 →局所加湿効果	中年男性 肌理画像解析 →局所加湿効果	額皮膚温低下 →深睡眠: 増
その他  良・悪	実験期間: 長 バイアス: 多	n数: 少	n数: 少

---

---

## 参考文献

- [1] 福原 俊一ほか: 日本語版 the Epworth Sleepiness Scale (JESS):これまで使用されていた多くの「日本語版」との主な差異と改訂, 日本呼吸器学会誌, 44(11), pp.896-898. (2006)
- [2] 皮膚の測定・評価法バイブル, 技術情報協会, 東京 (2013)
- [3] Itoigawa, T. et al.: The Physiological and psychological effects of cooling system on peripheral regions in supine posture, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.81, No.725, pp.573-580, 2016.7 (in Japanese)  
糸井川高穂, 羽山広文, 山岸浩: 冷房方式の違いによる仰臥姿勢の人体の末梢部位の生理心理反応の違いに関する実験的研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻, 第 725 号, pp.573-580. (2016)
- [4] Okamoto-Mizuno, K. and Tsuzuki, K.: Effects of season on sleep and skin temperature in the elderly. Int J Biometeorol., Vol.54, No.4, pp.401-409. (2010)
- [5] Honda, E. et al.: Economic evaluation on the effect thermal environment control in summer on sleep and work efficiency, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.81, No.724, pp.525-530, 2016.6 (in Japanese)  
本多英里, 伊香賀俊治, 大平昇, 岡島慶治, 海塩渉: 夏季の温熱環境制御が睡眠と翌日の作業効率に与える影響の経済性評価, 日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻, 第 724 号, pp.525-530. (2016)

---

---

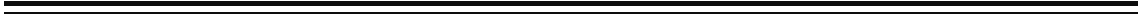
## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くの方々のご理解とご協力を賜りました。2014年4月に芝浦工業大学工学研究科博士後期課程に入学以来、現在まで研究計画や研究方法など導いて下さった主指導教官の秋元孝之先生に深く感謝いたします。

研究対象となる中年者の研究協力者の確保においては、地元在住の友人から知人の方々へ連絡等をして頂き、研究フィールドの環境を整えて下さったことを感謝申し上げます。若年者の研究協力者に対しては、秋元研究室の方々にお世話になりました。研究協力依頼や研究の主旨、方法などを文章や口頭で説明する日程や場の調整をして下さったおかげで、スムーズに研究の同意が得られ、調査研究を開始することができました。芝浦工業大学の秋元研究室では研究グループが協力し、同じ研究を行うことの強みをひしひしと感ずることができましたことは、筆者の人生において得るものが多く、研究に協力して下さった学生の皆様にも感謝申し上げます。

また睡眠研究の調査にあたり、豊橋技術大学の都築和代先生には、アンケート調査の実施や回収、文献調査等の助言を頂き、大変お世話になりました。具体的な調査の結果の分析方法や表の作成に関しまして、近畿大学建築学部の岩前篤先生においては、研究の知識を与えて下さり、分析方法や表の作成についてご指導頂きました。筆者の研究に対する知識や技術はまだ未熟ですが、きっかけをいただくことができましたことを感謝いたします。東京理科大学工学部機械工学科の小林宏先生においては、無償で画像解析ソフトをご提供いただきましたことを感謝申し上げます。おかげで皮膚画像を用いた分析手法について着手することが出来ました。

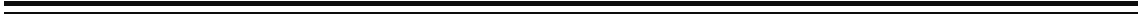
本研究の論文の作成、完成にあたり、芝浦工業大学工学研究科博士後期課程の主指導教官であった秋元孝之先生には、本当にお世話になりました。論文の書式や構成、研究計画や概念、調査など、殆ど正しい知識がない私に、丁寧に分かりやすくご指導頂きました。文章表現の工夫や研究者としての姿勢について、助言などから学び取ることができました。最後に貴重な共同研究の機会をいただきました三菱電機会社住環境研究所の志賀様、長い期間共同研究に携わっていただきました古橋様、美寿見様は、私の研究における良き道しるべとなり、尊敬するお三方です。長い間研究を続けさせていただいたご恩に報いるため、今後も快眠に資する睡眠環境に向けて、研究に取り組んでいきたいと思っております。最後に、研究にご協力下さいました全ての方々にお礼申し上げます。



---

---

# 付録



---



---

付録 A 加湿環境が中年者の皮膚と睡眠に及ぼす影響（夏期・冬期）

■ 熱的快適性と湿度快適性に関するアンケート

	1. Very good	2. Slightly good	3. Slightly bad	4. Very bad
Did you sleep well last night	-	-	-	-
Did you sleep early last night	-	-	-	-
About the condition of the skin	-	-	-	-
About the condition of the throat	-	-	-	-
About the condition of the nose	-	-	-	-
1. Do not use heating    2. Use heating	-	-		

■ 東京の省エネ基準

Standard	Before 1980	After 1980	After 1992	After 2000	WHAC housing
Grade	1	2	3	4	-
U <sub>A</sub> value (W/m <sup>2</sup> K)	-	≤ 1.79	≤ 1.42	≤ 0.87	≤ 0.56

※WHAC: Whole-House Air-Conditioning

※U<sub>A</sub> value: Building skin average heat penetration coefficient; it is the total heat loss divided by the skin area of the building and is used as the energy saving standard value in Japan.

■住宅種別調査

Participant number	Housing type	Housing structure	Year built	Grade	Gender	Bedroom size per person: m <sup>2</sup>
1	Private House	Wooden	2004	4	Female	4.9
2	Housing Complex	RC construction	1991	2	Female	5.7
3	Private House	Wooden	2004	4	Male	6.5
4	Housing Complex	Steel construction	1978	1	Male	6.5
5	Private House	Wooden	1964	1	Male	9.7
6	Housing Complex	RC construction	1992	3	Male	9.7
7	Housing Complex	RC construction	2000	4	Female	9.7
8	Housing Complex	RC construction	2005	4	Female	9.7
9	Private House	Wooden	1990	2	Female	9.7
10	Housing Complex	RC construction	1989	3	Female	4.9
11	Housing Complex	Wooden	1997	3	Female	7.3
12	Housing Complex	RC construction	2000	4	Female	5.8
13	Private House	Wooden	2004	4	Female	6.5
14	Housing Complex	RC construction	2000	4	Male	5.8
15	Housing Complex	RC construction	2005	4	Female	9.7
16	Housing Complex	RC construction	1991	2	Male	9.7
17	Housing Complex	Wooden	1999	3	Male	17.0
18	Housing Complex	RC construction	2000	4	Male	8.1
19	Housing Complex	RC construction	1980	2	Male	9.7
20	Housing Complex	RC construction	2012	4	Female	7.3
21	Housing Complex	Steel construction	1991	2	Male	16.2
22	Private House	Wooden	1999	3	Female	4.9
23	WHACS housing	Wooden	2003	WHAC	Male	16.2
24	WHACS housing	Wooden	2007	WHAC	Female	7.3
25	WHACS housing	Wooden	2005	WHAC	Male	9.7
26	Private House	Wooden	1978	1	Female	6.5
27	Housing Complex	RC construction	2006	4	Male	13.0
28	Housing Complex	RC construction	2007	4	Female	8.9
29	Housing Complex	RC construction	1991	2	Male	14.6
30	Private House	Wooden	1999	3	Female	7.3

■実験前後の皮膚質感・画像分析結果

Type of user (→)	Continuous-use female (Before)	Intermittent-use female (Before)



Calculated physical quantity (↓)																
	No. 1	No. 2	No. 8	No. 9	No. 13	No. 20	No. 22	No. 30	No. 7	No. 10	No. 11	No. 12	No. 15	No. 26	No. 28	
Short line_1	15256	12441	9926	9174	9144	9451	14720	18241	14650	16455	15183	10901	11905	10818	16311	
Sulcus cutis avg. thickness_1	3.66	3.13	2.91	2.81	2.67	2.8	3.53	4.05	3.53	3.75	3.73	3.04	3.08	3.1	3.72	
Sulcus cutis thickness distribution_1	1.83	1.2	1.07	0.95	0.76	0.93	1.57	2.03	1.61	1.59	1.83	1.17	1.23	1.33	1.79	
Sulcus cutis interval_1	2.4	2.51	2.93	3.06	2.92	2.96	2.4	2.22	2.41	2.28	2.46	2.79	2.59	2.86	2.28	
Sulcus cutis parallelism_1	16.05	18.06	22.1	18.69	22	21.62	19.28	17.79	13.18	16.07	19.43	14.85	22.09	17.46	24.25	
Sulcus cutis density distribution_1	0.55	0.31	0.7	0.5	0.37	0.46	0.47	0.51	0.52	0.21	0.67	0.64	0.67	0.66	0.46	
Skewness_1	-0.63	-0.28	-0.44	-0.23	-0.07	0.05	-0.24	0.25	-0.17	-0.38	0.6	-0.12	-0.16	-0.01	-0.17	
Kurtosis_1	2.56	2.04	1.92	2.02	1.79	1.8	1.97	2.05	2.52	2.3	2.2	2.36	1.85	1.99	1.63	
Skewness 90-180_1	0.18	0.22	-0.21	0.06	0.08	0.13	0.1	0.25	0.5	0.31	0.03	0.49	-0.01	0.24	-0.18	
Kurtosis 90-180_1	2.38	2.28	2.44	2.13	2.11	2.07	2.2	2.03	2.32	2.32	2.01	2.23	2.04	2.13	2.43	
Short line_2	1212	931	833	513	498	1743	822	2290	1677	1789	1699	1030	1044	1068	1068	
Sulcus cutis avg. thickness_2	3.57	3.16	2.93	2.91	2.72	3.7	2.84	4.14	3.63	3.82	3.83	3.51	3.12	3.51	3.04	
Sulcus cutis thickness distribution_2	1.55	1.19	1	0.96	0.76	1.77	0.95	2.1	1.64	1.81	1.75	1.45	1.26	1.52	1.25	
Sulcus cutis interval_2	29.4	33.9	35.1	56.6	54.7	21.2	34.6	18.1	21.6	21.3	22.6	34.1	29.9	32.8	28.4	
Sulcus cutis parallelism_2	16.6	14.1	19.8	15.6	20.9	11.1	18.6	11.4	7.46	27.6	8.83	19.4	23.1	17.6	8.76	
Sulcus cutis density dispersion_2	0.47	0.31	0.7	0.5	0.37	0.55	0.46	0.51	0.52	0.46	0.67	1.21	0.67	0.64	0.64	
Skewness_2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.2	0.1	-1.1	0.24	0.75	-0	-0.1	1.77	0.32	-0.2	0.53	0.03	
Kurtosis_2	1.87	1.87	1.94	1.91	1.58	3.57	1.71	2.97	2.72	1.39	6.12	1.77	1.76	1.96	2.6	
Skewness 90-180_2	-0.3	-0.1	-0.6	-0.3	0.08	-0	0.25	0.44	0.52	-0.3	-0.3	0.12	-0.2	-0.2	0.72	
Kurtosis 90-180_2	2.63	2.64	4.23	2.86	3.03	2.64	2.8	2.36	2.35	3.4	2.78	2.94	2.41	2.82	2.89	

Type of user (→)	Continuous-use female (After)								Intermittent-use female (After)							
	No. 1	No. 2	No. 8	No. 9	No. 13	No. 20	No. 22	No. 30	No. 7	No. 10	No. 11	No. 12	No. 15	No. 26	No. 28	
Short line_1	13945	15166	10247	14404	10484	20101	17245	16455	16441	10333	14580	17665	11668	21328	19196	
Sulcus cutis avg. thickness_1	3.4	3.61	2.89	3.62	2.91	4.43	3.86	3.75	3.93	2.97	3.51	3.9	3.04	4.74	4.27	
Sulcus cutis thickness distribution_1	1.5	1.57	0.94	1.76	0.98	2.28	1.7	1.59	1.97	1.12	1.59	1.78	1.09	2.35	2.21	
Sulcus cutis interval_1	2.44	2.38	2.82	2.51	2.77	2.2	2.24	2.28	2.39	2.88	2.41	2.21	2.61	2.22	2.22	
Sulcus cutis parallelism_1	17.35	21.58	23.17	18.68	26.21	19	21.54	16.07	20.38	19.69	21.03	19.2	25.43	21.9	22.68	
Sulcus cutis density distribution_1	0.53	0.39	0.36	0.63	0.49	0.39	0.39	0.21	0.51	0.52	0.66	0.32	0.47	0.47	0.43	
Skewness_1	0.46	0.07	0.32	-0.25	0.07	-0.38	-0.11	-0.38	-0.49	0.29	0.02	-0.34	0.05	-0.13	0.01	
Kurtosis_1	2.24	1.74	1.83	1.95	1.6	1.99	1.8	2.3	2.02	1.97	1.79	2.08	1.62	1.72	1.69	
Skewness 90-180_1	0.36	0.02	-0.05	0.09	-0.15	-0.1	0.11	0.31	-0.15	0.05	0.02	0.17	-0.14	-0.07	0	
Kurtosis 90-180_1	2.08	2.16	2.05	2.28	2.18	2.3	2.14	2.32	2.35	1.98	2.14	2.19	2.18	2.26	2.2	
Short line_2	1606	1343	709	1375	670	2507	1776	1794	1657	837	1600	2062	865	2596	2279	
Sulcus cutis avg. thickness_2	3.35	3.63	3	3.74	3	4.45	4.01	3.82	4	3.09	3.49	4.03	3.09	4.76	4.32	
Sulcus cutis thickness distribution_2	1.49	1.59	0.86	1.76	1.03	2.31	1.68	1.6	1.96	1.13	1.45	1.81	1.07	2.28	2.12	

---



---

Sulcus cutis interval_2	20.8	27	42.3	27.2	44.8	17.8	22.6	21.3	24.2	36.9	21.8	19.6	35.7	18.4	19
Sulcus cutis parallelism_2	10.1	20.2	20.2	16.1	27.2	16.6	21.7	11.3	19.1	10.8	19.4	16.3	25.7	22.6	23.4
Sulcus cutis density dispersion_2	0.53	0.39	0.36	0.63	0.49	0.39	0.39	0.21	0.51	0.52	0.66	0.32	0.47	0.47	0.43
Skewness_2	0.95	0.4	1	-0.4	0.56	-0.5	-0	-0.5	-0.8	1.24	0.27	-0.5	0.55	-0.1	0.19
Kurtosis_2	3.48	1.8	2.69	1.88	1.73	2.01	1.71	2.45	2.28	3.9	1.83	2.33	1.83	1.55	1.56
Skewness 90-180_2	0.55	-0	-0.5	-0.2	-0.1	-0.6	0.23	0.22	-0.5	0	-0.3	0.2	-0.1	-0.3	-0.2
Kurtosis 90-180_2	2.67	3.01	3.09	2.88	2.8	2.87	2.51	2.56	3.2	2.1	2.76	2.64	2.67	2.87	3.09

---

### 睡眠健康調査票（SHRI）

1. 時刻を記入する場合、午前・午後のいずれかを○で囲んでください。
2. 見落としがないか、記入が終わりましたらお確かめください。

これから、睡眠の健康と生活習慣などについておたずねいたします。

1. あまり特別な場合は 考えずにこの1ヶ月の、ふつうの生活についてお答えください。
2. できるだけありのままに答えてください。また、あなたの調査結果は、決して他人に公表されることはありません。（個人情報保護法に従って厳重に保管します）

整理番号 \_\_\_\_\_ （ここには何も書かないで下さい）

記入年月日 平成\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

氏名 \_\_\_\_\_ 性別 男・女（どちらかに○をつけてください）

年齢 \_\_\_\_\_ 才 身長 \_\_\_\_\_ cm 体重 \_\_\_\_\_ kg

1. 寢床（ベッド・ふとん）に入って眠ろうとする時刻は、だいたい、いつごろですか？  
ふだんは、だいたい 午前・午後\_\_\_\_時\_\_\_\_分ごろ  
休日の前日は、だいたい 午前・午後\_\_\_\_時\_\_\_\_分ごろ
2. 寢床（ベッド・ふとん）に入って眠ろうとする時刻は、日によって不規則ですか？  
(1) かなり不規則 (2) やや不規則 (3) やや規則的 (4) かなり規則的
3. 朝、目覚める時刻は、だいたい、いつごろですか？  
ふだんは、だいたい 午前・午後\_\_\_\_時\_\_\_\_分ごろ  
休日は、だいたい 午前・午後\_\_\_\_時\_\_\_\_分ごろ
4. 朝、目覚める時刻は、日によって不規則ですか？  
(1) かなり不規則 (2) やや不規則 (3) やや規則的 (4) かなり規則的
5. ふだん、寢床（ベッド・ふとん）に入ってから寝つくまで、どのくらいかかりますか？  
(1) 10分以下 (2) 11分～20分 (3) 21分～30分 (4) 30分を越える
6. 夜中（睡眠中）に、だいたい何回くらい目が覚めますか？  
(1) 目が覚めない  
(2) 1晩あたり、だいたい\_\_\_\_回くらい目が覚める
7. 朝、目覚めて、寢床から起き出すのに、だいたいどのくらいかかりますか？  
(1) 10分以下 (2) 11分～20分 (3) 21分～30分 (4) 30分を越える

8. 睡眠時間は、だいたいどのくらいですか？

ふだんは、だいたい \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分くらい

休日は、だいたい \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分くらい

9. 睡眠時間は、日によって不規則ですか？

(1) かなり不規則 (2) やや不規則 (3) やや規則的 (4) かなり規則的

10. 現在の睡眠時間は、あなたにとって十分だと思いますか？

(1) 十分である (2) 不足しており、もう少し眠りたい

(3) 長すぎるので、もう少し短くしたい (4) どちらともいえない

11. 日中、横になって眠ることが、1週間に、どのくらいありますか？

(1)しょっちゅう (2)ときどき (3)たまに (4)ほとんどない

だいたい、何時ごろから、何分間くらい眠りますか。最も多い時間帯をお答えください。

午前・午後 \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分ごろから、 \_\_\_\_\_ 分間くらい

(1) しょっちゅうを選んだ方は、それが習慣づいてから、だいたい、どのくらいたちますか。

(1) 1ヶ月未満 (2) 1ヶ月～6ヶ月未満 (3) 6ヶ月～1年未満 (4) 1年～3年 (5) 3年以上

12. 居眠りや、うたた寝をすることが、1週間にどのくらいありますか？

(1)しょっちゅう (2)ときどき (3)たまに (4)ほとんどない

だいたい何時ごろから、何分間くらいですか。最も多い時間帯をお答えください。

午前・午後 \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分ごろから、 \_\_\_\_\_ 分間くらい

(1) しょっちゅうを選んだ方は、それが習慣づいてから、だいたい、どのくらいたちますか。

(1) 1ヶ月未満 (2) 1ヶ月～6ヶ月未満 (3) 6ヶ月～1年未満 (4) 1年～3年 (5) 3年以上

13. ふだんの眠りの深さはいかがですか？

(1) 熟睡できる (2) だいたい熟睡できる (3) どちらでもない

(4) だいたい浅い (5) 浅い

14. 夜中に何回くらいトイレに行きますか？

(1) 行かない

(2) 一晩に \_\_\_\_\_ 回くらい行く

15. 寝つけなくて、睡眠薬や安定剤を飲むことがありますか？

(1)しょっちゅう (2)ときどき (3)たまに (4)いいえ

16. 夜中に寝ぼけるといわれたことがありますか？

(1)しょっちゅう (2)ときどき (3)たまに (4)いいえ

■就寝前の実感申告 1/2

就寝前

実感アンケート（毎日）

就寝前に記入してください。

記入日 \_\_\_\_\_

保湿機の使用  
あり  
なし

就寝前3時間以内に行ったことに○をつけてください。（あてはまるもの全て回答）

飲酒  
風呂  
運動

1 肌の状態について教えてください。

とても潤っている  
潤っている  
やや潤っている  
どちらでもない  
やや乾燥している  
乾燥している  
とても乾燥している

2 髪の状態について教えてください。

とても潤っている  
潤っている  
やや潤っている  
どちらでもない  
やや乾燥している  
乾燥している  
とても乾燥している

3 のどの状態について教えてください。

とても潤っている  
潤っている  
やや潤っている  
どちらでもない  
やや乾燥している  
乾燥している  
とても乾燥している

4 鼻の状態について教えてください。

とても潤っている  
潤っている  
やや潤っている  
どちらでもない  
やや乾燥している  
乾燥している  
とても乾燥している

5 顔周りの湿度はどう感じますか。

とても湿っている  
湿っている  
やや湿っている  
どちらでもない  
やや乾いている  
乾いている  
とても乾いている

裏へ続く→→→

---

---

■就寝前の実感申告 2/2

就寝前

- 6 頭がはっきりしていますか
- とてもはっきりしている
  - はっきりしている
  - ややはっきりしている
  - どちらでもない
  - ややボーっとしている
  - ボーっとしている
  - とてもボーっとしている

就寝後	
実感アンケート(毎日)	
朝、目が覚めたらすぐに記入してください。	
記入日	_____
保湿機の使用 あり なし	
就寝前3時間以内に行ったことに○をつけてください。(あてはまるもの全て回答)	
飲酒	<input type="checkbox"/>
風呂	<input type="checkbox"/>
運動	<input type="checkbox"/>
1 肌の状態について教えてください。	
とても潤っている	<input type="checkbox"/>
潤っている	<input type="checkbox"/>
やや潤っている	<input type="checkbox"/>
どちらでもない	<input type="checkbox"/>
やや乾燥している	<input type="checkbox"/>
乾燥している	<input type="checkbox"/>
とても乾燥している	<input type="checkbox"/>
2 髪の毛の状態について教えてください。	
とても潤っている	<input type="checkbox"/>
潤っている	<input type="checkbox"/>
やや潤っている	<input type="checkbox"/>
どちらでもない	<input type="checkbox"/>
やや乾燥している	<input type="checkbox"/>
乾燥している	<input type="checkbox"/>
とても乾燥している	<input type="checkbox"/>
3 のどの状態について教えてください。	
とても潤っている	<input type="checkbox"/>
潤っている	<input type="checkbox"/>
やや潤っている	<input type="checkbox"/>
どちらでもない	<input type="checkbox"/>
やや乾燥している	<input type="checkbox"/>
乾燥している	<input type="checkbox"/>
とても乾燥している	<input type="checkbox"/>
4 鼻の状態について教えてください。	
とても潤っている	<input type="checkbox"/>
潤っている	<input type="checkbox"/>
やや潤っている	<input type="checkbox"/>
どちらでもない	<input type="checkbox"/>
やや乾燥している	<input type="checkbox"/>
乾燥している	<input type="checkbox"/>
とても乾燥している	<input type="checkbox"/>
5 就寝中、顔周りの湿度はどう感じましたか。	
とても湿っている	<input type="checkbox"/>
湿っている	<input type="checkbox"/>
やや湿っている	<input type="checkbox"/>
どちらでもない	<input type="checkbox"/>
やや乾いている	<input type="checkbox"/>
乾いている	<input type="checkbox"/>
とても乾いている	<input type="checkbox"/>

就寝後

- 6 寝つきはよかったですか。  
とてもよかった  
よかった  
ややよかった  
どちらでもない  
やや悪かった  
悪かった  
とても悪かった
- 7 睡眠中に目が覚めることはありましたか。  
頻繁に目が覚めた  
ときどき目が覚めた  
ほとんど目が覚めなかった  
全く目が覚めなかった
- 8 ぐっすり眠れましたか  
とてもぐっすり眠れた  
ぐっすり眠れた  
ややぐっすり眠れた  
どちらでもない  
あまりぐっすり眠れなかった  
ぐっすり眠れなかった  
全くぐっすり眠れなかった
- 9 頭がはっきりしていますか  
とてもはっきりしている  
はっきりしている  
ややはっきりしている  
どちらでもない  
ややボーっとしている  
ボーっとしている  
とてもボーっとしている



---

---

## 付録 C 居室および空調方式の違いによる睡眠への影響（夏期）

### ■ サーマルマネキンによる Clo 値測定計測結果報告書

#### 1. 測定条件

ISO 9920 で推奨されているサーマルマネキンによる熱抵抗の測定条件下を模擬し、測定を行った。裸体測定時の環境条件は、平均空気温度 21.7°C、相対湿度 36%、着衣測定時環境条件は平均空気温度 21.7°C、相対湿度 38%であった。

#### 【ISO 9920】

- 1) 環境の気流： $0.15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- 2) 気温と放射温度： $<|1|^\circ\text{C}$
- 3) 相対湿度：30～70%の範囲で、50%が最適。
- 4) マネキンからの顕熱移動量（供給熱量）： $40\sim 80\text{W} \cdot \text{m}^2$  の範囲で、少なくとも  $20\text{W} \cdot \text{m}^2$  以上必要。
- 5) 平均皮膚温： $32\sim 34^\circ\text{C}$  の範囲で、熱中立状態の人体の皮膚温分布に近似させ、全体均一とする。
- 6) 気温：平均皮膚温より 12 度以上低く設定する。
- 7) 測定値の取得は、少なくとも 20 分以上継続する平衡状態下で行う。

なお、測定の際のマネキンの着衣は、被験者実験時を想定しているため、同種の半袖Tシャツ、短パン、下着（トランクス）としている。

#### 2. サーマルマネキン

写真 1 は今回測定に使用したサーマルマネキン（Arne-アルネ）を示す。本マネキンは、男性、身長 175m である。全身 22 部位に分割されており、各部位ごとに計測することが可能である。サーマルマネキンの制御方法は、仮想的なコアを保つコンフォート制御（Comfort）、皮膚表面温度を一定に保つ PI 制御（PI control）、顕熱放射量を一定に保つ制御（Locked power）の 3 つがある。今回はコンフォート制御により、着衣量を測定する。



Photo 1

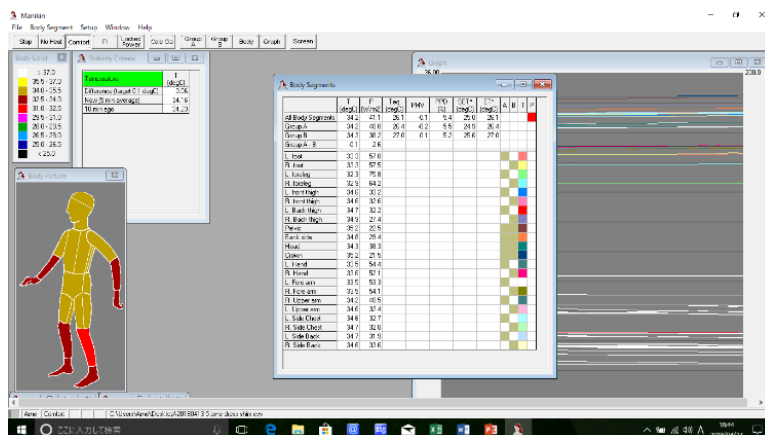


Fig.1 測定画面

### 3. 実測

Table 1 着衣・寝具概要

着衣・寝具		略号	主な素材
着衣	トランクス	T	綿 100%
	Tシャツ	TS	綿 100%
	半ズボン	HP	綿 35% ポリエステル 75%
寝具 (敷き)	マットレス (トゥルースリーパー)	MR	—
	ベッドパッド	BP	生地：ポリエステル 100% 中綿：ポリエステル 100%
寝具 (掛け)	タオルケット	TB	綿 100%

Table 2 測定条件および計測結果

		着衣	寝具 (敷き)	寝具 (掛け)	体位	合計着衣量
Case0		-	-	-	仰臥位	-
Case1		-	MR,BP	-	仰臥位	0.249
Case2		T,TS,HP	-	-	仰臥位	0.269
Case3		T,TS,HP	MR,BP	-	仰臥位	0.482
Case4		T,TS,HP	MR,BP	TB	仰臥位	0.830
Case5		T,TS,HP	MR,BP	TB	仰臥位	0.759
Case6		T,TS,HP	MR,BP	TB	仰臥位	1.107
Case7		T,TS,HP	MR,BP	TB	仰臥位	1.486
Case8		T,TS,HP	MR,BP	TB	側臥位	0.770

(CASE-0,2) については、ベッド上に一辺 50mm 程度のポリスチレンフォーム片を用いて、サーマルマネキンを浮かせて測定した。

CASE0～3 は着衣量測定のための条。CASE4～8 は寝具熱抵抗測定の場合。赤外線ビデオで被験者が一番使われている布団の掛け方(CASE4～7)と寝る姿勢 (CASE8) を測定した。

### 3.1 部位ごとのデータ

Table 3に Case 1・合計着衣量と部位ごとの着衣量を示す。合計着衣量は0.249となった。

Table 3 Case 1

Temperature	21.7	Clo-values (ヌード)	Clo-values (着衣)
M	Manikin	0.167	0.249
A	Group A	0.170	0.256
B	Group B	0.169	0.253
1	L. foot	0.113	0.080
2	R. foot	0.115	0.076
3	L. foreleg	0.156	0.288
4	R. foreleg	0.152	0.255
5	L. front thigh	0.138	0.034
6	R. front thigh	0.138	0.062
25	L. Back thigh	0.204	0.515
26	R. Back thigh	0.219	0.601
7	Pelvis	0.139	-0.016
27	Back side	0.368	1.198
8	Head	0.172	0.215
28	Crown	0.138	0.202
9	L. Hand	0.156	0.211
10	R. Hand	0.142	0.144
11	L. Fore arm	0.172	0.317
12	R. Fore arm	0.179	0.376
14	R. Upper arm	0.142	0.144
13	L. Upper arm	0.145	0.176
15	L. Side Chest	0.152	0.038
19	R. Side Chest	0.151	0.033
16	L. Side Back	0.274	0.729
20	R. Side Back	0.265	0.709

---

---

Table 4 に Case 2 ・合計着衣量と部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 0.269 となった。

Table 4 Case 2

Temperature	21.7	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.117	0.269
A	Group A	0.119	0.277
B	Group B	0.119	0.276
1	L. foot	0.069	0.066
2	R. foot	0.066	0.036
3	L. foreleg	0.079	0.076
4	R. foreleg	0.078	0.069
5	L. front thigh	0.135	0.383
6	R. front thigh	0.135	0.390
25	L. Back thigh	0.149	0.496
26	R. Back thigh	0.149	0.489
7	Pelvis	0.236	1.088
27	Back side	0.249	1.025
8	Head	0.098	0.098
28	Crown	0.074	0.018
9	L. Hand	0.087	0.043
10	R. Hand	0.082	0.027
11	L. Fore arm	0.085	0.066
12	R. Fore arm	0.081	0.032
14	R. Upper arm	0.119	0.324
13	L. Upper arm	0.112	0.270
15	L. Side Chest	0.137	0.348
19	R. Side Chest	0.137	0.336
16	L. Side Back	0.199	0.688
20	R. Side Back	0.204	0.699

---

---

Table 5 に Case 3 ・ 合計の着衣量と部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 0.482 となった。

Table 5 Case 3

Temperature	21.7	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.203	0.482
A	Group A	0.207	0.495
B	Group B	0.207	0.498
1	L. foot	0.103	0.016
2	R. foot	0.102	-0.006
3	L. foreleg	0.145	0.218
4	R. foreleg	0.145	0.210
5	L. front thigh	0.181	0.307
6	R. front thigh	0.169	0.266
25	L. Back thigh	0.314	1.224
26	R. Back thigh	0.315	1.218
7	Pelvis	0.370	1.468
27	Back side	0.677	3.197
8	Head	0.161	0.140
28	Crown	0.131	0.154
9	L. Hand	0.179	0.359
10	R. Hand	0.184	0.413
11	L. Fore arm	0.195	0.466
12	R. Fore arm	0.195	0.478
14	R. Upper arm	0.205	0.549
13	L. Upper arm	0.193	0.482
15	L. Side Chest	0.193	0.305
19	R. Side Chest	0.198	0.334
16	L. Side Back	0.446	1.842
20	R. Side Back	0.451	1.907

---

---

Table 6 に Case 4 ・合計着衣量と部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 0.830 となった。

Table 6 Case 4

Temperature	21.6	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.257	0.830
A	Group A	0.263	0.860
B	Group B	0.256	0.811
1	L. foot	0.107	0.039
2	R. foot	0.107	0.025
3	L. foreleg	0.158	0.306
4	R. foreleg	0.155	0.275
5	L. front thigh	0.342	1.351
6	R. front thigh	0.317	1.220
25	L. Back thigh	0.457	2.150
26	R. Back thigh	0.491	2.357
7	Pelvis	0.584	2.853
27	Back side	1.122	6.066
8	Head	0.171	0.204
28	Crown	0.140	0.216
9	L. Hand	0.235	0.725
10	R. Hand	0.165	0.289
11	L. Fore arm	0.207	0.540
12	R. Fore arm	0.181	0.387
14	R. Upper arm	0.233	0.732
13	L. Upper arm	0.233	0.741
15	L. Side Chest	0.333	1.206
19	R. Side Chest	0.344	1.278
16	L. Side Back	0.623	2.981
20	R. Side Back	0.607	2.915

---

---

Table 7に Case 5・合計着衣量と部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 0.759 となった。

Table 7 Case 5

Temperature	21.5	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.246	0.759
A	Group A	0.248	0.759
B	Group B	0.255	0.804
1	L. foot	0.110	0.055
2	R. foot	0.109	0.041
3	L. foreleg	0.155	0.281
4	R. foreleg	0.249	0.881
5	L. front thigh	0.368	1.518
6	R. front thigh	0.231	0.666
25	L. Back thigh	0.554	2.772
26	R. Back thigh	0.375	1.607
7	Pelvis	0.715	3.696
27	Back side	1.322	7.354
8	Head	0.176	0.236
28	Crown	0.140	0.216
9	L. Hand	0.148	0.161
10	R. Hand	0.179	0.381
11	L. Fore arm	0.169	0.296
12	R. Fore arm	0.186	0.419
14	R. Upper arm	0.194	0.477
13	L. Upper arm	0.171	0.341
15	L. Side Chest	0.274	0.824
19	R. Side Chest	0.259	0.732
16	L. Side Back	0.570	2.640
20	R. Side Back	0.601	2.878



---

---

Table 8 に Case 6 ・ 合計の着衣量をよび部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 1.107 となった。

Table 8 Case 6

Temperature	21.7	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.300	1.107
A	Group A	0.294	1.058
B	Group B	0.302	1.109
1	L. foot	0.231	0.839
2	R. foot	0.253	0.969
3	L. foreleg	0.276	1.064
4	R. foreleg	0.287	1.129
5	L. front thigh	0.322	1.218
6	R. front thigh	0.309	1.166
25	L. Back thigh	0.561	2.821
26	R. Back thigh	0.522	2.555
7	Pelvis	0.574	2.790
27	Back side	1.471	8.319
8	Head	0.174	0.224
28	Crown	0.140	0.214
9	L. Hand	0.182	0.379
10	R. Hand	0.202	0.528
11	L. Fore arm	0.149	0.167
12	R. Fore arm	0.178	0.365
14	R. Upper arm	0.216	0.620
13	L. Upper arm	0.199	0.524
15	L. Side Chest	0.334	1.215
19	R. Side Chest	0.331	1.193
16	L. Side Back	0.701	3.484
20	R. Side Back	0.659	3.249

---

---

Table 9 に Case 7・合計の着衣量をよび部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 1.486 となった。

Table 9 Case 7

Temperature	21.5	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.358	1.486
A	Group A	0.349	1.414
B	Group B	0.349	1.415
1	L. foot	0.231	0.840
2	R. foot	0.255	0.982
3	L. foreleg	0.275	1.056
4	R. foreleg	0.291	1.153
5	L. front thigh	0.337	1.313
6	R. front thigh	0.322	1.250
25	L. Back thigh	0.646	3.370
26	R. Back thigh	0.599	3.054
7	Pelvis	0.622	3.098
27	Back side	1.718	9.913
8	Head	0.181	0.272
28	Crown	0.141	0.220
9	L. Hand	0.356	1.502
10	R. Hand	0.380	1.674
11	L. Fore arm	0.290	1.077
12	R. Fore arm	0.308	1.207
14	R. Upper arm	0.301	1.169
13	L. Upper arm	0.325	1.338
15	L. Side Chest	0.412	1.714
19	R. Side Chest	0.392	1.587
16	L. Side Back	0.808	4.171
20	R. Side Back	0.796	4.135

---

---

Table 10 に case8・合計の着衣量をよび部位ごとの着衣量を示す。

合計着衣量は 0.770 となった。

Table 10 Case 8

Temperature	21.5	Clo-values	Clo-values
		(ヌード)	(着衣)
M	Manikin	0.247	0.770
A	Group A	0.213	0.534
B	Group B	0.279	0.962
1	L. foot	0.149	0.308
2	R. foot	0.298	1.258
3	L. foreleg	0.128	0.110
4	R. foreleg	0.336	1.448
5	L. front thigh	0.440	1.983
6	R. front thigh	0.347	1.412
25	L. Back thigh	0.567	2.859
26	R. Back thigh	0.377	1.617
7	Pelvis	0.549	2.625
27	Back side	0.449	1.722
8	Head	0.141	0.016
28	Crown	0.113	0.038
9	L. Hand	0.113	-0.066
10	R. Hand	0.122	0.013
11	L. Fore arm	0.122	-0.008
12	R. Fore arm	0.190	0.445
14	R. Upper arm	0.424	1.962
13	L. Upper arm	0.138	0.129
15	L. Side Chest	0.332	1.197
19	R. Side Chest	0.344	1.278
16	L. Side Back	0.317	1.005
20	R. Side Back	0.380	1.449

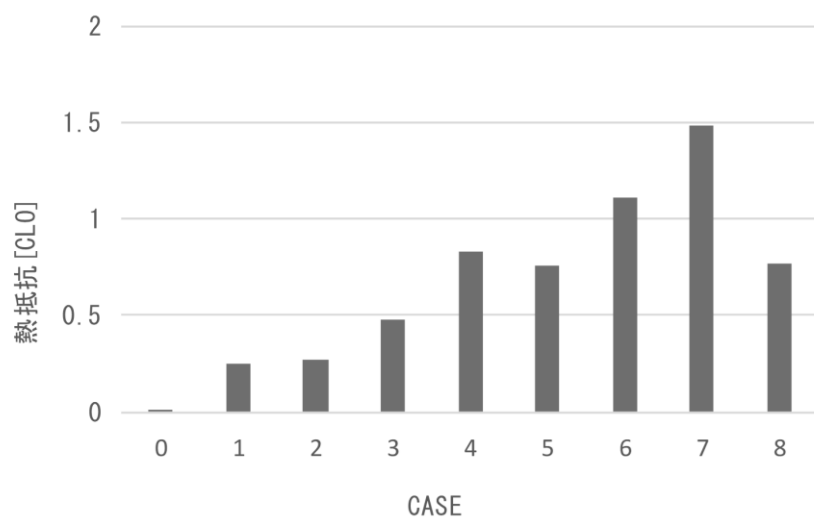


Fig.2 Case ごとの着衣量

Case2 では着衣の熱抵抗 (T、TS、HP) は約 0.269 である。Case4~Case8 では掛け寝具 (TB) は被験者の体位によって、0.770~1.486 の範囲であることが分かった。

同じ寝具でも仰臥位と側臥位は約 0.1 clo の差が見られた。

被験者の寝る時の姿勢と寝具の掛け方によって熱抵抗は倍以上も変わることが分かったため、睡眠に影響を与えられられる。

## ピッツバーグ睡眠質問票 (PSQI)

お名前: \_\_\_\_\_ 回答日時: 20 年 月 日 時 分

### 〈記入上の注意〉

1. あなたご本人が、できるだけありのままに教えてください。
2. 答えは、あてはまる項目にチェック☑をするか、または、空欄に直接ご記入ください。
3. 時刻を記入する場合は、午前・午後いずれかを必ずチェックしてください。  
※ 昼の 12 時は「午後 0 時」、夜の 12 時は「午前 0 時」となります。

過去1ヵ月間における、あなたの通常の睡眠の習慣についてお尋ねします。

過去1ヵ月間について大部分の日の昼と夜を考えて、以下のすべての質問項目にできる限り正確にお答えください。

1. 過去1ヵ月間において、通常何時ごろ寢床につきましたか？

就寝時刻	<input type="checkbox"/> 1 午前	<input type="checkbox"/> 2 午後	時	分	ころ
------	-------------------------------	-------------------------------	---	---	----

※ 昼の 12 時は「午後 0 時」、夜の 12 時は「午前 0 時」となります。

2. 過去1ヵ月間において、寢床についてから眠るまでにどれくらい時間を要しましたか？

約	分
---	---

3. 過去1ヵ月間において、通常何時ごろ起床しましたか？

起床時刻	<input type="checkbox"/> 1 午前	<input type="checkbox"/> 2 午後	時	分	ころ
------	-------------------------------	-------------------------------	---	---	----

※ 昼の 12 時は「午後 0 時」、夜の 12 時は「午前 0 時」となります。

4. 過去1ヵ月間において、実際の睡眠時間は何時間くらいでしたか？

これは、あなたか寢床の中にいた時間とは異なる場合があるかもしれません。

睡眠時間	一日平均	約	時間	分
------	------	---	----	---

■ ピッツバーグ睡眠調査票 (PSQI) 2/3

5. 過去1か月間において、どれくらいの頻度で、以下の理由のために睡眠が困難でしたか？ 最も当てはまるものに1つ○印をつけてください。	なし	1週間に1回未満	1週間に1~2回	1週間に3回以上
A. 寝床についてから30分以内に眠ることができなかったから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
B. 夜間または早朝に目が覚めたから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
C. 夜間にトイレに起きたから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
D. 夜間に息苦しくなったから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
E. 夜間に咳が出たり、大きないびきをかいたから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
F. 夜間にひどく寒く感じたから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
G. 夜間にひどく暑く感じたから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
H. 夜間に悪い夢をみたから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
I. 夜間に痛みがあったから	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
J. 上記以外の理由があれば、次の空欄に記載してください 【理由】 ----- ----- ----- ----- -----				
そういったことのために、過去1か月間において、どれくらいの頻度で、睡眠が困難でしたか？	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

6. 過去1か月間における、ご自分の睡眠の質を全体としてどのように評価しますか？

0 非常によい    1 かなり、よい    2 かなり、わるい    3 非常に、わるい

7. 過去1か月間において、どれくらいの頻度で、眠るために薬を服用しましたか(医師から処方された薬あるいは薬屋で買った薬を使用した)？

0 なし    1 1週間に1回未満    2 1週間に1~2回    3 1週間に3回以上

8. 過去1か月間において、どれくらいの頻度で、車の運転中や食事中、社会活動中など眠ってはいけないときに、起きていられなくなり困ったことがありましたか？

0 なし    1 1週間に1回未満    2 1週間に1~2回    3 1週間に3回以上

9. 過去1ヵ月間において、物事をやり遂げるのに必要な意欲を持続するうえで、どのくらい問題がありましたか？

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 0 まったく問題なし   | <input type="checkbox"/> 1 ほんのわずかだけ問題があった |
| <input type="checkbox"/> 2 いくらか問題があった | <input type="checkbox"/> 3 非常に大きな問題があった   |

■起床後に実施した OSA 睡眠調査票 MA 版

Copyright (C) 2004 Shuichiro Shirakawa. All Rights Reserved.

起床時睡眠感調査票 (MA版)

朝、目覚めたらすぐ記入してください

記入時刻 午前・午後 時 分

この調査票は、あなたの睡眠の状態についてお聞きするものです。

睡眠の時刻等について記入してください。午前・午後はどちらかを○で囲んでください。

- ① 昨夜、おやすみになった時刻 (午前・午後) 時 分
- ② 今朝、目覚めた時刻 (午前・午後) 時 分
- ③ 昨夜の睡眠時間 およそ 時間 分

昨夜の睡眠の状態や現在の心身の状態についてお聞きします。4箇所の縦線は各質問項目の状態の程度を示しています。記入例を参考に、あなたの状態にあてはまる線上に○印で囲んでください。

**記入例**

1. 疲れが残っている

◎正しい書き方      × 誤った書き方

	非常に	や	や	非常に	
1. 疲れが残っている					疲れがとれている
2. 集中力がある					集中力がない
3. ぐっすり眠れた					ぐっすり眠れなかった
4. 解放感がある					ストレスを感じる
5. 身体がだるい					身体がシャキッとしている
6. 食欲がある					食欲がない
7. 寝つくまでにウトウトしていた状態が多かった					寝つくまでにウトウトしていた状態が少なかった
8. 頭がはっきりしている					頭がぼーとしている
9. 悪夢が多かった					悪夢はみなかった
10. 寝付きがよかった					寝付きが悪かった
11. 不快な気分である					さわやかな気分である
12. しょっちゅう夢をみた					夢をみなかった
13. 睡眠中にしょっちゅう目が覚めた					睡眠中に目が覚めなかった
14. いますぐ、調査にテキパキと答えられる					答えるのは、めんどろである
15. 睡眠時間が長かった					睡眠時間が短かった
16. 眠りが浅かった					眠りが深かった

OSA 調査票



■ 熱的快適性と湿度快適性に関するアンケート

就寝前・就寝後 共通		
日付	ID	就寝 前・後

例. あなたは現在の寝室の温熱環境をどう思いますか。

線上に斜線で自分の感覚を示して下さい。

血圧

1回目  
上 \_\_\_ / 下 \_\_\_

脈拍 \_\_\_

2回目  
上 \_\_\_ / 下 \_\_\_

脈拍 \_\_\_

水分量

1回目  
\_\_\_\_\_

2回目  
\_\_\_\_\_

3回目  
\_\_\_\_\_

1. あなたは現在の寝室の温熱環境をどう思いますか。

2. あなたは現在の寝室の温熱環境を快適だと思いますか。

3. あなたは現在の寝室の温熱環境を受け入れられますか。

4. あなたは現在の寝室の湿度環境をどう思いますか。

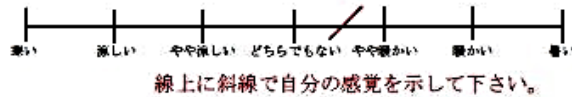
5. あなたは現在の寝室の湿度環境を快適だと思いますか。

温冷感・湿度感・気流感申告 1/2

就寝前・就寝後 共通

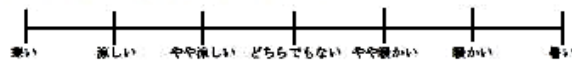
日付	ID	就寝 前・後
----	----	--------

例. あなたは現在の寝室の温熱環境をどう思いますか。

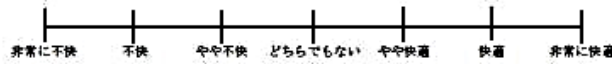


血圧  
 1回目  
 上 \_\_\_ / 下 \_\_\_  
 脈拍 \_\_\_  
 2回目  
 上 \_\_\_ / 下 \_\_\_  
 脈拍 \_\_\_  
 水分量  
 1回目  
 \_\_\_  
 2回目  
 \_\_\_  
 3回目  
 \_\_\_

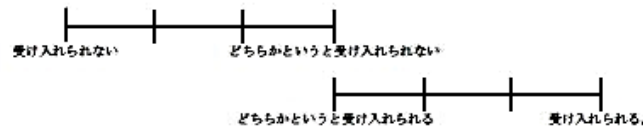
1. あなたは現在の寝室の温熱環境をどう思いますか。



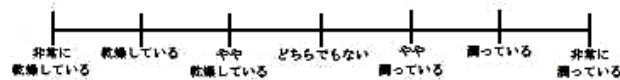
2. あなたは現在の寝室の温熱環境を快適だと思いますか。



3. あなたは現在の寝室の温熱環境を受け入れられますか。



4. あなたは現在の寝室の湿度環境をどう思いますか。



5. あなたは現在の寝室の湿度環境を快適だと思いますか。

