

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	夏季・冬季の室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響のマルチレベル分析
Title(English)	Multi-level Analysis of Sleep Affected by Indoor Thermal Environment in Summer and Winter
著者(和文)	大橋 知佳, 伊香賀 俊治, 伊藤 真紀, 海塩 渉
Authors(English)	Chika Ohashi, Toshiharu Ikaga, Maki Ito, Wataru Umishio
出典(和文)	空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 第6巻, pp. 253-256
Citation(English)	Technical papers of annual meeting, the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 第6巻, pp. 253-256
発行日 / Pub. date	2015, 9

夏季・冬季の室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響のマルチレベル分析 Multi-level Analysis of Sleep Affected by Indoor Thermal Environment in Summer and Winter

学生会員○大橋 知佳 (慶應義塾大学) 技術フェロー 伊香賀 俊治 (慶應義塾大学)

正 会 員 伊藤 真紀 (慶應義塾大学) 正 会 員 海塩 渉 (鹿島建設：当時慶應義塾大学)

Chika OHASHI*1 Toshiharu IKAGA*1 Maki ITO*1 Wataru UMISHIO*2

*1 Keio University *2 Kajima Corporation

Sleep problems can have profound health effects. Recently, the effect of the indoor thermal environment on sleep has attracted attention. However, the relationship between the indoor thermal environment and sleep, by season, has not been fully studied. Accordingly, the purpose of this study was to elucidate the effect of the indoor thermal environment on sleep in both summer and winter. Field studies were conducted in 2014. Statistical analysis of the data yielded the following main result. Sleep efficiency decreased by 0.2% per 1 °C increase in bedroom temperature in summer, and by 0.8% per 1 °C in winter.

1. 背景・目的

慢性的な睡眠の問題は、生活習慣病の発症や悪化の要因となり、生命予後にまで重大な支障を及ぼし得る^{文1)}。これに対し、厚生労働省の実施した「国民健康・栄養調査」により、睡眠の質の悪さを訴える日本の成人の割合は、全体の約7割に上るという実状が示されている^{文2)}。睡眠の質の良否には、室内環境が密接に関係するが、中でも温熱環境が及ぼす影響は大きい^{文3)}。しかし、室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響について季節を通して調査した例は少なく、その検証は不十分である。そこで本研究では、実生活場面における実測とアンケートに基づく夏季・冬季の実態調査を実施することで、夏季・冬季の室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実態調査の概要

2.1 調査概要

山梨県上野原市の戸建て住宅在住の成人を対象に、2014年2月と2014年7月に各2週間の実態調査を行った(表1)。配布回収・有効サンプル数を表2に示す。

2.2 アンケート調査概要

睡眠は年齢、性別等の個人属性や飲酒・服薬等の生活習慣による影響を受けると指摘されている^{文4)}ことから、対象者の個人属性、生活習慣をアンケート調査によって把握した。住宅に関する設問としては、断熱性能、冷暖房使用状況等を問うた。断熱性能に関しては、既往研究^{文5)}を参考に、築年数、断熱材の有無、窓枚数、窓サッシの種類の質問項目を設け、無断熱、S55年基準、H4年基準、H11年基準の4段階に分類した。

表-1 調査概要

		冬季調査	夏季調査
期間		2014年2月2日~17日	6月29日~7月17日
対象		山梨県上野原市在住の39歳~80歳の男女	
方法		直接配布回収による配票調査法	
調査内容	属性	年齢、性別、身長、体重等	
	習慣	飲酒・喫煙習慣、運動、食事、睡眠等	
	健康	主観的健康感、夏季・冬季の症状、既往歴、服薬等	
	住環境	断熱性能、寝室の冷暖房使用状況等	
	実測		
	温熱	温度、湿度	
	睡眠	睡眠効率等	

表-2 配布回収・有効サンプル数

		冬季調査	夏季調査
調査内容	アンケート	配布：30名 回収：30名(100%) 有効：30名(100%)	配布：30名 回収：30名(100%) 有効：30名(100%)
	実測		
	温熱	配布：30名 回収：30名(100%) 有効：27名(90.0%)	配布：30名 回収：30名(100%) 有効：28名(93.3%)
	睡眠	配布：30名 回収：30名(100%) 有効：28名(93.3%)	配布：30名 回収：30名(100%) 有効：27名(90.0%)

2.3 実測調査概要

アンケート調査と同一の同対象者に、夏季・冬季で各2週間の温湿度と睡眠状態の実測調査を行った。温湿度の測定には、温湿度データロガー(T&D社)を用いた。データロガーは、寝室の寝床高さに設置し、10分間隔で連続測定した。睡眠状態の測定には、睡眠計(OMRON社)^{注1)}を用いた。測定にあたっては、睡眠状態の主観評価の他、前夜の飲酒・睡眠薬服用の有無を把握することを目的として、毎朝日誌の記入を依頼した。

3. 調査結果

3.1 アンケート集計結果（表3）

冬季調査と夏季調査で各30名の対象者の内、29名が同一の対象者であった。全対象者の内約7割が男性、約3割が女性であった。平均年齢は、冬季調査対象者で男性が62.4歳、女性が54.0歳、夏季調査対象者で男性が62.0歳、女性が54.0歳であり、中壮年層から高齢層まで年齢層の幅広いサンプルが得られた。平均BMI（体格指数：Body Mass Index $BMI[kg/m^2] = (体重[kg]/身長[m]^2)$ ）は、冬季調査対象者で男性が23.5 kg/m^2 、女性が21.8 kg/m^2 、夏季調査対象者で男性が23.6 kg/m^2 、女性が21.8 kg/m^2 であった。日本肥満学会による肥満度の判定基準より、肥満と判定されるBMIが25.0以上の者が全体の約2割含まれており、低体重と判定されるBMIが18.5未満の者は含まれなかった。

対象者の自宅の断熱性能は、夏季調査、及び冬季調査ともに、分類不可を除く26軒の内、約3割が無断熱であり、約5割が昭和55年基準、約2割が平成11年基準であった。

3.2 実測調査結果

(1) 温熱環境測定結果

冬季調査期間における寢室の就寝中平均室温の断熱性能別の平均値を図1に示す。尚、就寝中平均室温は、睡眠計の測定開始時刻から測定終了時刻までの室温の平均値とした。冬季の就寝中平均室温は、断熱性能の高い住宅ほど高く、無断熱住宅と平成11年基準の住宅の差は約4.0℃であった。夏季調査期間における寢室の就寝中平均室温の断熱性能別の平均値を図2に示す。夏季の就寝中平均室温は、昭和55年基準の住宅で最も低く、平成11年基準の住宅で最も高くなったものの、その差は約0.4℃であった。本調査対象においては、断熱性能の低い住宅に居住する者と比較して、高断熱住宅に居住する者で、冬季に快適な就寝時温熱環境が形成されていたものと推察される。

(2) 睡眠状態測定結果

本報では、睡眠の質の指標として、総就床時間中の総睡眠時間の割合である睡眠効率を用いる。尚、睡眠効率に関する分析では、前夜に飲酒及び睡眠薬の服用のない測定日のデータを分析対象とした。夏季調査期間及び冬季調査期間における対象者毎の睡眠効率の平均値を比較した結果を図3に示す。図3の結果は、夏季・冬季調査全体での睡眠効率の平均値の昇順で示している。全対象者の睡眠効率の平均値は、夏季調査で88.4%、冬季調査で90.3%であった。また、対象者25名の内、8名に夏季の睡眠効率の低下が認められ（ $p<0.01$ ）、2名に冬季の睡眠効率の低下が認められた（ $p<0.01$ ）。さらに、高齢者や男性で、睡眠効率の平均値が低い傾向が見られ、個人属性により睡眠効率に差が生じるという示唆が得られた。

表-3 アンケート集計結果

No.	性別	年齢	BMI	断熱	No.	性別	年齢	BMI	断熱
1	男	41	25.0	S55	17	男	69	21.4	無
2	男	50	23.9	S55	18	男	72	24.2	—
3	男	52	22.0	S55	19	男	74	24.1	無
4	男	52	21.9	S55	20	男	74	19.2	S55
5	男	55	27.7	S55	21	男	76	20.8	—
6	男	56	26.0	—	22	男	80	25.1	S55
7	男	56	30.1	S55	23	女	39	20.6	H11
8	男	56	22.8	—	24	女	39	31.6	H11
9	男	59	22.1	S55	25	女	42	18.7	無
10	男	60	24.6	S55	26	女	52	22.0	S55
11	男	61	23.0	無	27	女	52	20.7	無
12	男	61	—	無	28	女	53	20.6	無
13	男	63	24.8	S55	29	女	64	—	S55
14	男	65	23.9	S55	30	女	72	20.0	無
15	男	67	19.7	—	31	女	73	20.0	H11
16	男	67	23.7	H11					

※1 No.14は冬季調査のみ参加, No.6は夏季調査のみ参加

※2 —：無回答, 分類不可

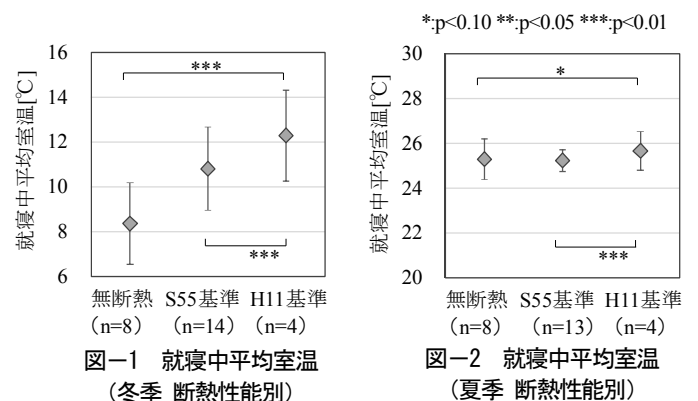


図-1 就寝中平均室温 (冬季 断熱性能別)

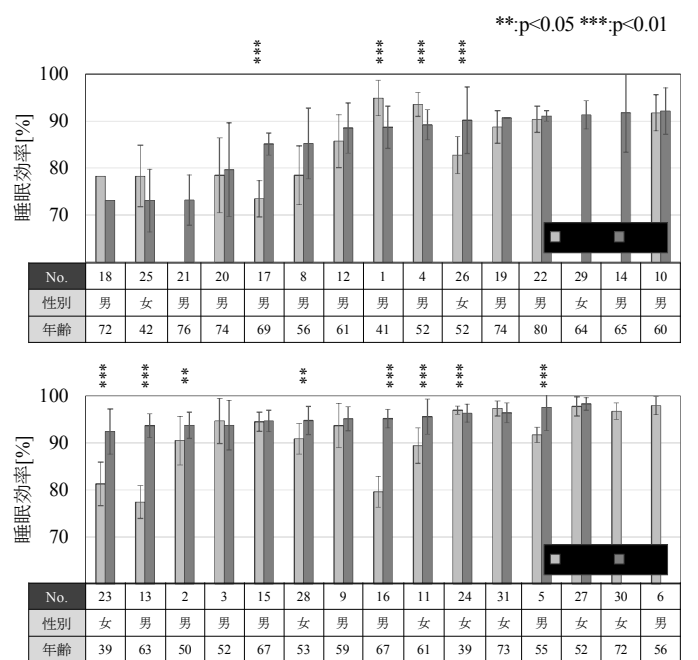


図-3 夏季・冬季調査期間中の睡眠効率の平均値

4. 室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響の検証

4.1 個人属性・生活習慣と睡眠効率の関係の検証

室内温熱環境と睡眠の関係の検証を行う前段として、睡眠効率に差を生じさせる環境要素以外の要因の把握を目的に、個人属性・生活習慣による睡眠効率の差について分析を実施した。各対象者の睡眠効率の平均値について、男女別、年齢別、運動習慣別にt検定を行った結果を図4~6に示す。尚、睡眠の季節性^{※9}を考慮するため、冬季調査と夏季調査それぞれのデータで分析を行った。結果として、男女別では男性、年齢別では高齢層、運動習慣別では不十分な群で有意に睡眠効率が低かった。

4.2 室内温熱環境と睡眠の関係の検証

室内温熱環境と睡眠の関係の検証として、室内温熱環境を原因に睡眠が阻害される頻度の評価と睡眠効率の関係について分析を実施した。アンケート調査において、寒さによって睡眠が阻害されることが「よくある」「たまにある」と回答した群をあり群、「めったにない」「全くない」と回答した群をなし群とし、冬季調査期間中の睡眠効率の平均値を比較した結果を図6に示す。同様に、暑さによって睡眠が阻害された頻度と夏季調査期間中の睡眠効率の平均値を比較した結果を図7に示す。結果として、室内温熱環境を原因に睡眠が阻害されることがある者は、睡眠効率の期間中平均値も低く、その傾向は特に冬季で顕著であった。

4.3 室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響の検証

4.2節の結果より、室内温熱環境が睡眠に影響を及ぼすことが示唆された一方で、4.1節の結果より、個人属性や生活習慣を考慮した分析の必要性が挙げられる。そこで本節では、個人属性や生活習慣といった個人レベルの変数と、就寝中平均室温といった日レベルの変数の階層性を考慮するマルチレベル分析を実施した。

(1) 投入する独立変数の精査

マルチレベル分析に投入する独立変数の決定のため、睡眠に影響を及ぼすとされる^{※9}個人レベルの変数について相関分析を実施した(表4)。その結果、「性別」「運動習慣」について、他の変数との中程度(0.30)の相関関係が確認されたため、独立変数の候補から除外した。

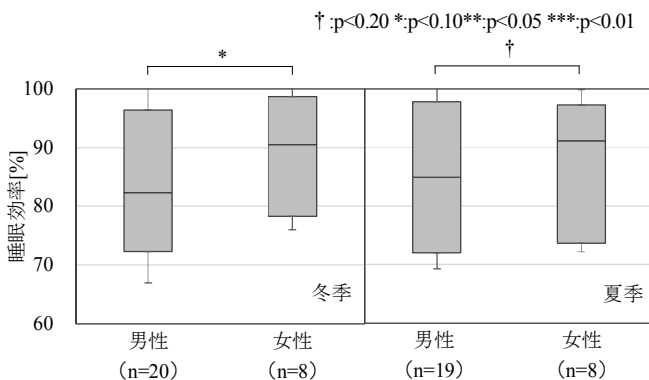


図-4 睡眠効率の男女間比較

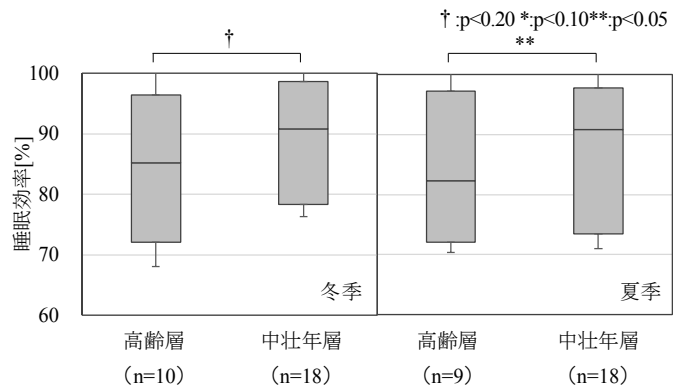


図-5 睡眠効率の年代間比較

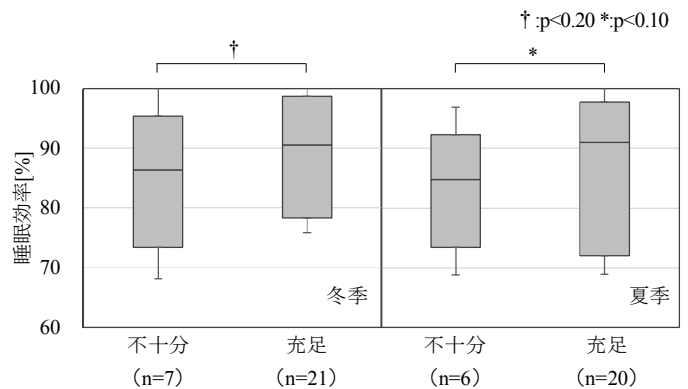


図-6 睡眠効率の運動習慣別比較

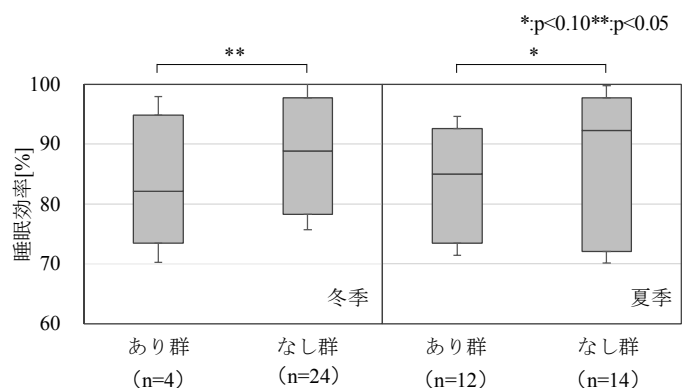


図-7 睡眠効率の温熱環境による睡眠阻害の頻度別比較

表-4 個人レベルの変数同士の相関分析

†:p<0.20 *:p<0.10 **:p<0.05 ***:p<0.01

	性別	年齢	BMI	運動習慣	ストレス	飲酒習慣
性別 ^{※1}		-.31	-.44 **	.27	-.11	.36 **
年齢 ^{※2}	-.31		-.11	-.34 *	.31	.10
BMI ^{※3}	-.44 **	-.11		.18	-.11	-.22
運動習慣 ^{※4}	.27	-.34 *	.18		-.33 *	.05
ストレス ^{※5}	-.11	.31	-.11	-.33 *		.12
飲酒習慣 ^{※6}	.36 **	.10	-.22	.05	.12	

※1 1)男性 2)女性

※2,3 実数

※4 1)十分 2)大体十分 3)やや不足 4)かなり不足

※5 1)よくある 2)たまにある 3)めったにない 4)まったくない

※6 1)毎日 2)週5-6日 3)週3-4日 4)週1-2日 5)ない

(2) データの階層性の確認

睡眠効率について、データの階層性を確認するため、ヌルモデルを作成した。冬季調査における結果を表5に、夏季調査における結果を表6に示す。冬季調査に関しては、ICC（級内相関）^{注2)}は0.66、デザインエフェクト^{注3)}は7.5となった。夏季調査に関しては、ICCは0.54、デザインエフェクトは7.4となった。いずれの結果に関してもデータの階層性が認められ、マルチレベル分析を行う必要性が確認された。

(3) マルチレベル分析の実施

冬季調査、及び夏季調査それぞれのデータについて、日毎の睡眠効率を従属変数としたマルチレベル分析を実施した。分析にあたっては、まず、すべての独立変数（就寝中平均室温、年齢、BMI、ストレス、飲酒習慣）を投入し、有意確率が極端に高い変数を除外することでモデルを検討した。最終的に、変数の有意確率やモデルの適合度により、妥当なモデルを決定した。冬季調査の結果を表7に、夏季調査の結果を表8に示す。冬季は、就寝中平均室温が1.0℃上昇することで、睡眠効率が0.8%向上するという結果が得られた。また、夏季は、就寝中平均室温が1.0℃低下することで、睡眠効率が0.2%向上するという結果が得られた。

7. まとめ

(1) 本報では、実態調査に基づき、夏季・冬季の室内環境が睡眠に及ぼす影響の検証を行った。

(2) 冬季の就寝中平均室温は、断熱性能の高い住宅ほど高く、無断熱住宅と平成11年基準の住宅の差は約4.0℃であった。一方で、夏季の就寝中平均室温については、断熱性能間の差は約0.4℃であった。

(3) 睡眠効率には、個人属性や生活習慣による差が確認され、男女別では男性、年齢別では高齢層、運動習慣別では不十分な群で有意に睡眠効率が低かった。

(4) 冬季は就寝中平均室温が1.0℃上昇することで睡眠効率が0.8%向上し、夏季は就寝中平均室温が1.0℃低下することで睡眠効率が0.2%向上という結果が示された。

謝 辞

本研究は、積水ハウス株式会社・積和建設西東京株式会社、コモアしおつ自治会の皆様の多大なるご支援の下で実現したものである。ご協力を頂いた関係者各位に感謝の意を表す。また調査実施にあたり、ご助言・ご指導頂いた高山直人様、柳澤恵様（当時 慶應義塾大学大学院修士課程）、そして調査にご協力頂いた皆様に深甚の謝意を表す。尚、本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究事業（社会技術研究開発）「健康長寿を実現する住まいとコミュニティの創造（研究代表者：伊香賀俊治）」、並びに科学研究費助成金・基盤研究(A)（研究代表者：伊香賀俊治、課題番号：26249083）を受け実施したものである。

表ー5 冬季の睡眠効率のヌルモデル

***:p<0.01

	パラメータ	推定値	標準誤差	有意確率
固定効果	切片	87.7	2.1	***
変量効果	残差の分散	56.2	4.8	***
	切片の分散	110.1	33.4	***

ICC（級内相関）：0.66 デザインエフェクト：7.5

表ー6 夏季の睡眠効率のヌルモデル

***:p<0.01

	パラメータ	推定値	標準誤差	有意確率
固定効果	切片	89.8	1.3	***
変量効果	残差の分散	35.3	2.8	***
	切片の分散	40.8	11.9	***

ICC（級内相関）：0.54 デザインエフェクト：7.4

表ー7 冬季の睡眠効率のマルチレベル分析最終モデル

†:p<0.20 *:p<0.10 **:p<0.05 ***:p<0.01

	パラメータ		推定値	有意確率
固定効果	個人レベル	切片	87.9	***
		年齢	−1.1	†
		BMI	−1.3	*
		就寝中平均室温	1.2	—
	日レベル	就寝中平均室温	0.8	**

表ー8 夏季の睡眠効率のマルチレベル分析最終モデル

†:p<0.20 *:p<0.10 **:p<0.05 ***:p<0.01

	パラメータ		推定値	有意確率
固定効果	個人レベル	切片	89.3	***
		年齢	−0.3	†
		BMI	−2.0	***
		就寝中平均室温	−6.5	***
	日レベル	就寝中平均室温	−0.2	**

参 考 文 献

- 1) 三島和夫, 睡眠と生活習慣病, 公衆衛生, 2011
- 2) 厚生労働省, 国民健康・栄養調査（平成25年）
- 3) 梁瀬度子, 安眠への条件, 有斐閣, pp275-285, 1981
- 4) 日本学術会議 精神医学・生理学・呼吸器学・環境保健学・行動科学研連, 睡眠学-眠りの科学・医歯薬学・社会学, じほう, 1993
- 5) 高柳絵里ら, 健康維持増進に向けた住環境評価ツールの有効性の検証, 日本建築学会環境系論文集, Vol.76, No.670, pp.1101-1108, 2011.125
- 6) 碓氷章ら, 睡眠の季節性, 臨床精神医学, Vol.26, No.10, pp.1295-1301, 1997

注 釈

- 1) 睡眠計は、寝返りによる体動や呼吸による胸の動きをとらえることで睡眠/覚醒状態を30秒単位で判定する。
- 2) ICC（級内相関）＝ 級間分散 / （級間分散＋級内分散）
：級内相関>0.5で、日レベルの変動と比較して個人レベルの変動が大きいデータと見なせる
- 3) デザインエフェクト＝1＋（測定日数の平均－1）×級内相関：2を超えると階層データと見なせる