

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実態調査：自宅滞在時と体験宿泊時の比較分析
Title(English)	
著者(和文)	大橋 知佳, 伊香賀 俊治, 安藤 真太郎, 星 旦二, 海塩 渉, 高山 直人, 柳澤 恵
Authors(English)	Chika Ohashi, Toshiharu Ikaga, Shintaro Ando, Tanji Hoshi, Wataru Umishio
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, Vol. 85, , pp. 61-64
Citation(English)	, Vol. 85, , pp. 61-64
発行日 / Pub. date	2015, 3

夏季・冬季の室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響の実態調査  
-自宅滞在時と体験宿泊時の比較分析-

4. 環境工学-1. 環境心理・生理

睡眠 室内温熱環境 断熱性能  
実態調査 体験宿泊 中山間地域

正会員 ○ 大橋 知佳<sup>\*1</sup> 正会員 伊香賀 俊治<sup>\*2</sup>  
 // 安藤 真太朗<sup>\*3</sup> // 星 旦二<sup>\*4</sup>  
 // 海塩 渉<sup>\*1</sup> 会員外 高山 直人<sup>\*1</sup>  
 // 柳澤 恵<sup>\*1</sup>

1. 背景と目的

睡眠の問題に起因した日本全国における経済損失は、年間3兆4694億円に上ると推計される<sup>文1)</sup>。加えて、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<sup>文2)</sup>。睡眠の質の良否には、室内環境が密接に関係するが、中でも夏季・冬季双方の温熱環境が及ぼす影響は大きい<sup>文3)</sup>。しかし、温熱環境が睡眠に及ぼす影響について季節を通して検証した例は少ない。そこで本研究では、自宅滞在時とモデル住宅での体験宿泊時の実態調査により、夏季と冬季の室内温熱環境と睡眠との関連性を明確にすることを目的とした。

2. 室内温熱環境が睡眠に及ぼす影響に関する実態調査

2.1 調査の概要

高知県高岡郡梼原町の戸建て住宅在住の48~76歳の男女を対象に、2013年度の夏季と冬季に自宅滞在時とモデル住宅での体験宿泊時の実態調査を実施した(表1)。モデル住宅は、断熱性能が平成11年基準<sup>注1)</sup>を満たす宿泊体験型モデル住宅で、太陽熱空気集熱等の環境配慮手法による採涼・採暖計画が為されている。対象者は、夏季24名(22世帯)、冬季15名(15世帯)であり、冬季の対象者15名の内14名は夏季と同一の対象者であった。また体験宿泊は1泊2日とし、対象者には宿泊中普段通りの生活を送るよう依頼した。

2.2 実測調査の概要

対象者は表1に示す期間、自宅とモデル住宅で睡眠状態と寝室の温湿度の実測を行った(表2)。睡眠状態の測定には睡眠計HSL-102-M(OMRON社)<sup>注2)</sup>を用い、併せて前夜の飲酒・服薬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。温湿度の測定には温湿度データロガーRTR-503(T&D社)を用い、寝室の寝床高さにて10分間隔で連続測定した。

2.3 自記式質問紙調査の概要

睡眠は、年齢、性別等の個人属性や飲酒、運動等の生活習慣に影響を受けると指摘されている<sup>文4)</sup>ことから、自記式質問紙調査によって対象者の個人属性及び生活習慣を把握した。また自宅の室内温熱環境に影響する断熱性能、冷暖房使用状況を問うた。断熱性能に関しては、既往研究<sup>文5)</sup>を参考に、築年数、断熱材の有無、窓枚数、窓サッシの種類に基つき、無断熱、昭和55年基準、平成4年基準、平成11年基準の4段階に分類した。

加えて体験宿泊時には、自宅と比較したモデル住宅の室内環

表1 調査の概要

		夏季	冬季
調査対象	対象者数	高知県高岡郡梼原町在住の48~76歳の男女 24名(22世帯)	15名(15世帯)
	調査期間	自宅 2013/8/7-9/6	2014/1/22~2/3
	モデル住宅	2013/8/21~8/28(内1泊2日)	2013/2/18~2/24(内1泊2日)

表2 調査項目

		自宅滞在時	モデル住宅滞在時
実測	睡眠	睡眠時間、睡眠効率 <sup>注1)</sup> 等	
	温熱	寝室の空気温度、湿度 <sup>注2)</sup> (10分間隔の連続測定)	
	属性	年齢、性別、身長、体重等	
質問紙	習慣	飲酒・喫煙習慣、運動、食事、睡眠等	
	健康	主観的健康感、夏季の症状、既往歴、服薬等	
	住宅	断熱性能、冷暖房使用状況等	モデル住宅の室内環境等

表3 対象者の調査参加状況と個人属性

No.	夏季	冬季	性別	年齢	BMI	No.	夏季	冬季	性別	年齢	BMI
1	○	○	女	48	18.7	14	○	○	男	68	20.3
2	○	○	女	57	21.6	15	○		女	64	18.9
3	○	○	女	58	28.8	16	○		女	64	26.2
4	○	○	女	62	22.3	17	○		女	66	19.7
5	○	○	女	65	24.0	18	○		女	66	22.3
6	○	○	女	65	25.8	19	○		女	67	21.9
7	○	○	女	67	30.6	20	○		女	73	25.8
8	○	○	女	70	21.6	21	○		女	76	24.7
9	○	○	女	73	22.6	22	○		男	67	20.6
10	○	○	女	75	28.1	23	○		男	71	26.8
11	○	○	女	76	24.7	24	○		男	76	23.9
12	○	○	男	62	20.8	25		○	男	54	20.8
13	○	○	男	63	24.3	表中の丸印は調査の参加有無を示す					

境の相対評価や、モデル住宅において普段通りの生活を送ることができたかを問う質問紙調査を行った(表2)。

3. 自記式質問紙調査の結果

3.1 個人属性に関する自記式質問紙調査の集計結果

対象者の夏季調査と冬季調査の参加状況、及び個人属性に関する質問紙調査の集計結果を表3に示す。平均年齢は、夏季調査において女性が65.8歳、男性が66.0歳、及び冬季調査において女性が64.5歳、男性が62.0歳であった(図1,2)。平均BMI<sup>注3)</sup>は、夏季調査において女性が23.8kg/m<sup>2</sup>、男性が23.3kg/m<sup>2</sup>、及び冬季調査において女性が24.4kg/m<sup>2</sup>、男性が21.6kg/m<sup>2</sup>であった(図3,4)。夏季調査・冬季調査ともに、高齢者及び標準的な体型<sup>注4)</sup>の者が主たる対象であった。

### 3.2 住宅に関する自記式質問紙調査の集計結果

住宅に関する質問紙調査の集計結果を図1-4に示す。対象者の自宅の断熱性能は、夏季調査において全体の約8割に及ぶ17軒が無断熱であり、昭和55年基準の住宅は3軒、平成4年基準の住宅は2軒であった。更に、冬季調査においては無断熱と昭和55年基準の住宅のみとなり、断熱性能が低い住宅が約8割を占めた(図1)。冷暖房使用状況に関しては、夜間の寝室の冷房機器の使用について、「めったに使わない」「全く使わない」と回答した者が全体の約9割を占めていた(図2)。一方、暖房機器の使用については、「使用しない」と回答した対象者は全体の3割に満たず、本調査対象者は冬季に寝室で種々の採暖行動をとっていることが示された(図3)。

### 4. 自宅滞在時の室内温熱環境と睡眠の関係の検証

#### 4.1 温湿度測定結果

夏季調査期間における寝室の就寝中平均室温<sup>注7)</sup>の断熱性能別の平均値を図4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4年基準の住宅で最も高くなった。冬季調査期間における寝室の就寝中平均室温の断熱性能別の平均値を図5に示す。冬季の就寝中平均室温は、断熱性能の高い住宅ほど高くなった。

本調査対象地は、夏季においても夜間から明け方には冷涼な気候となる中山間地域である。従って、外気温の影響を受け易い断熱性能の低い家で、夏季は夜間の室温が低くなったものと考えられる。しかし一方で、冬季においては1-2月の日最低外気温の平均値が $-1.8^{\circ}\text{C}$ にまで低下する地域であるため、断熱性能の低い住宅では酷寒な室内温熱環境が形成されたものと推定される。

#### 4.2 睡眠効率測定結果

睡眠効率に関する分析では、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。まず、夏季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図6に示す。全対象者の睡眠効率の平均値は、夏季調査で91.0%、冬季調査で93.7%であった。

#### 4.3 夏季・冬季の睡眠効率の差異の検証

夏季調査と冬季調査双方で測定結果の得られた対象者10名の内、3名に夏季の睡眠効率の低下が認められ( $p<0.01$ )、1名に冬季の睡眠効率の低下が認められた( $p<0.05$ )。更に、10名の対象者の夏季の睡眠効率の平均値と、冬季の睡眠効率の平均値の差についてt検定を行った。結果として、睡眠効率は夏季において低くなる傾向が見られ(図7)、高齢者は夏季に睡眠の質が低下するという既往の報告<sup>文8)</sup>と同様の知見が得られた。

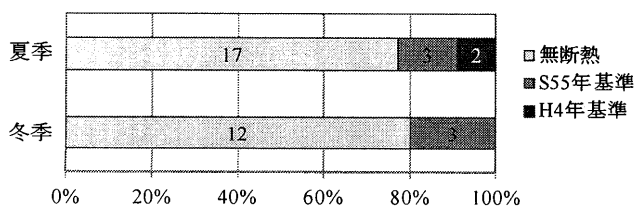


図1 調査対象者の自宅の断熱性能

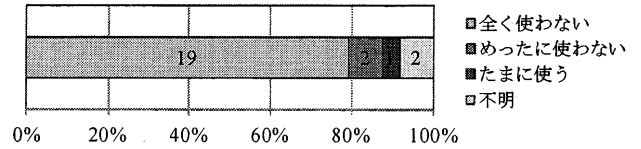


図2 対象住宅の寝室の冷房機器の使用状況

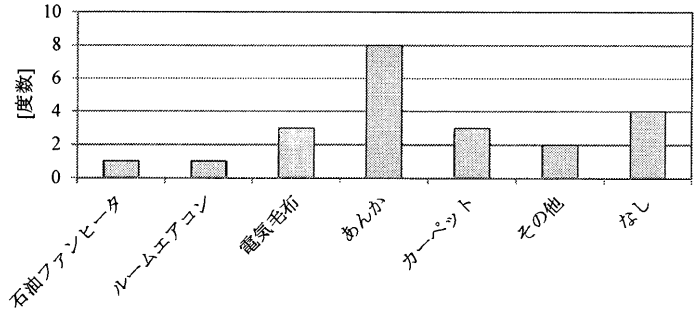


図3 対象住宅で使用する暖房機器(複数回答可)

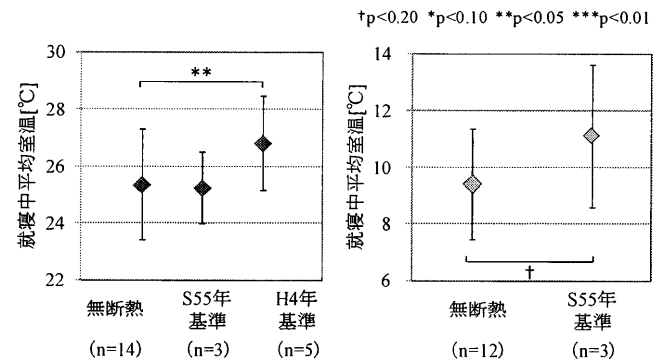


図4 就寝中平均室温(夏季 断熱性能別)

図5 就寝中平均室温(冬季 断熱性能別)

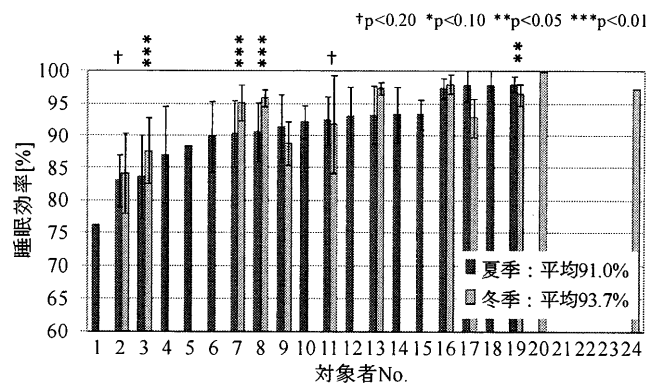


図6 対象者の睡眠効率の平均値

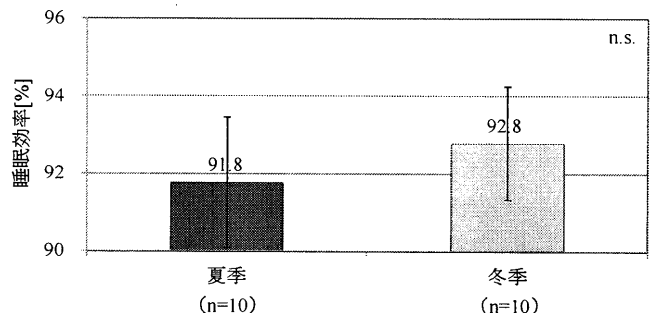


図7 夏季と冬季の睡眠効率の比較

4.4 夏季・冬季の室内温熱環境と睡眠効率の関係の検証

睡眠の質には、個人属性や生活習慣による個人差、及び 4.3 節にて確認された季節差がある。そこで本節では、睡眠の質の高い群（平均睡眠効率 85%<sup>註9)</sup>以上）と低い群（平均睡眠効率 85%未満）に分類を行った上で、夏季と冬季それぞれの室内温熱環境と睡眠効率の関係の検証を行った。全対象者の日毎の睡眠効率と就寝中平均室温の関係を図 8 に示す。尚、夏季調査の分析には、1 か月に渡る調査期間の内、夏季の気候として睡眠への影響が認められている、0 時の外気温が 24.7℃以上<sup>註9)</sup>の測定日のデータを分析対象とした。結果として、夏季と冬季それぞれにおいて睡眠効率が最も高くなる最適な就寝中平均室温（閾値）が確認され、本調査においては、夏季は就寝中平均室温約 26.6℃で、冬季は約 13.5℃で睡眠効率が最も高くなることが示された。冬季に関しては、本調査の対象者が寝床内温度を上げる、電気毛布やあんかといった暖房機器を用いる者が多かったため、閾値が低い傾向となったものと推定される。

4.5 夏季・冬季の室内温熱環境が睡眠効率に与える影響の評価

続いて、閾値より夏季は暑熱に、冬季は酷寒になった際の室内温熱環境が睡眠効率に与える影響を検証した。夏季に就寝中平均室温が閾値以上、及び冬季に閾値以下となる測定日のデータを分析サンプルとし、睡眠効率を目的変数とした重回帰分析を実施した。尚、個人属性や生活習慣を考慮した上で検証を行うために、表 4 に示す変数を説明変数として投入した。その結果、個人差を考慮した上でも、睡眠効率に対する室温の影響が確認され、夏季は就寝中平均室温が閾値以上の場合、1℃低下に伴い睡眠効率が 1.9%向上し、冬季は閾値以下の場合、1℃上昇に伴い睡眠効率が 1.0%向上する結果が示された（表 5）。

4.6 断熱性能と睡眠効率の関係の検証

冷暖房使用等の居住者行動を統一した上で、断熱性能の差異が室内温熱環境を介して睡眠効率に及ぼす影響を定量的に示すため、熱換気回路網計算ソフト AE-Sim/heat を用いた解析を行った。解析対象には、住宅用標準問題モデル<sup>註10)</sup>の寝室を採用した。断熱性能は、日本住宅性能表示基準<sup>註11)</sup>に定められる省エネルギー対策等級に従って部材の熱貫流率を決定し、無断熱、昭和 55 年基準、平成 4 年基準、平成 11 年基準の解析ケースを設けた。気象条件には梶原町の標準年の気象データ<sup>註9)</sup>を用い、冷暖房・在室スケジュールは住宅用標準問題に採用されるスケジュールを参考に設定した（表 6）。標準年の夏季及び冬季の内、日平均外気温が中央値となる 8 月 21 日、12 月 16 日の就寝中平均室温<sup>註10)</sup>を表 7 に示す。夏季は、断熱性能が平成 11 年基準の住宅は、断熱性能の低い住宅と比較して就寝中平均室温が高いものの、4.4 節で得られた閾値近傍の値に収まった。冬季については、全解析条件における就寝中平均室温が 4.5 節の分析に用いた測定日の条件に対応でき、無断熱の住宅と比較して平成 11 年基準の住宅に居住することで、睡眠効率が 5.1% (=1.0[%/℃] × 5.1[℃]) 向上する可能性が示唆された。本結果より、本調査対象地の気象条件においては、高断熱住宅への居住が年間を通じた快適な睡眠環境の獲得に有効であることが示された。

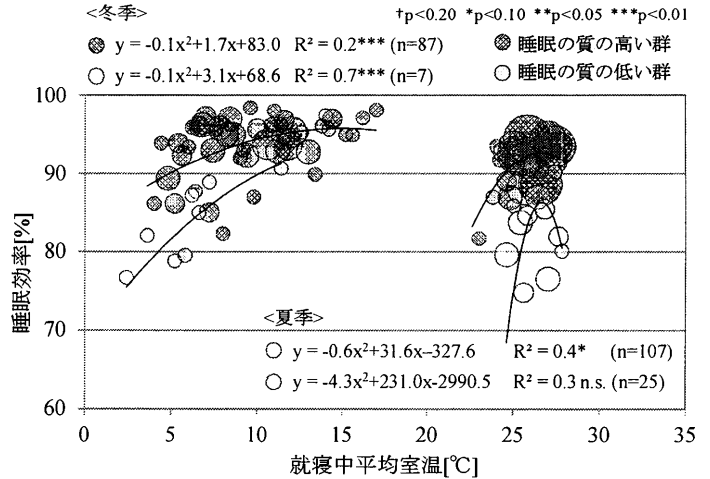


図 8 睡眠効率と就寝中平均室温の関係（睡眠の質別）

表 4 重回帰分析に投入した説明変数

変数	
年齢 [歳]	
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	
ストレス	[1]よくある 2)たまにある 3)めったにない 4)ない]
飲酒習慣	[1]週 6-7 日 2)週 3-5 日 3)週 1-2 日 4)なし]
運動習慣	[1]十分 2)大体十分 3)やや不足 4)かなり不足]
就寝中平均室温 [°C]	

表 5 重回帰分析の偏回帰係数と標準化偏回帰係数  
(変数選択法：強制投入法)

(調整済み R<sup>2</sup> 値 夏季：0.38, p<0.001、冬季：0.27, p<0.001)

	夏季 (n=47)		冬季 (n=85)	
	偏回帰係数	標準化偏回帰係数	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
年齢 [歳]	-0.4†	-0.3	-0.2†	-0.2
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	—	—	-0.9**	-0.4
ストレス [-]	2.6**	0.2	3.9***	0.3
飲酒習慣 [-]	3.0***	0.6	1.1†	0.2
運動習慣 [-]	-3.8***	-0.5	-4.2***	-0.3
就寝中平均室温 [°C]	-1.9*	-0.2	1.0*	0.3

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

表 6 熱換気回路網計算の解析条件

項目	解析条件				
	対象住宅	住宅標準モデル 寝室			
解析対象	解析期間	1~12 月 (助走計算 12 日)			
解析ケース	無断熱	S55 年基準	H4 年基準	H11 年基準	
部材の熱貫流率 [W/m <sup>2</sup> K]	外壁	2.17	1.06	0.61	0.29
	屋根	3.57	1.60	0.74	0.17
	天井	4.21	0.80	0.70	0.24
	間仕切壁	3.62	3.62	3.62	2.36
	床	2.68	0.92	0.92	0.24
	土間床	2.68	0.88	0.88	0.46
	窓	6.51	6.51	6.51	4.07
熱損失係数 (基準値) [W/m <sup>2</sup> K]	7.23	5.11	4.21	2.68	
気象条件	(-)	(5.2)	(4.2)	(2.7)	
冷暖房スケジュール	高知県梶原町 (1998-2000 年の標準年)				
在室者スケジュール	21-23 時 (冷房：26℃、暖房：20℃)				
	21-23 時、6-7 時に 1 名、23-6 時に 2 名				

表 7 熱換気回路網計算による就寝中平均温度解析結果

	外気温	無断熱	S55 年基準	H4 年基準	H11 年基準
夏季	20.6	23.2	23.6	24.3	25.6
冬季	0.5	7.4	8.0	8.9	12.5

## 5. 体験宿泊に伴う室内温熱環境の変化が睡眠に及ぼす影響

### 5.1 体験宿泊に伴う室内温熱環境の変化の検証

モデル住宅での就寝中平均室温と、調査期間中の自宅での就寝中平均室温の差（以下、就寝中平均室温の差（モデル住宅-自宅）を、自宅の断熱性能別に比較した結果を図9、10に示す。夏季においては、自宅の断熱性能が平成4年基準の対象者で、体験宿泊時の就寝中平均室温が約3.2℃低下していることが確認された。一方、冬季においては、自宅が無断熱の対象者で、体験宿泊時の就寝中平均室温が約11.6℃上昇していることが確認された。本結果より、断熱性能が平成11年基準を満たすモデル住宅における採涼・採暖計画により、対象者の平成4年基準の自宅における夏季の暑さ、及び無断熱の自宅における冬季の寒さが改善されたものと推定される。

### 5.2 室内温熱環境の変化と睡眠効率の変化の関係の検証

就寝中平均室温の差（モデル住宅-自宅）と、体験宿泊時のモデル住宅での睡眠効率と調査期間中の自宅での睡眠効率の差（以下、睡眠効率の差（モデル住宅-自宅））の関係を図11、12に示す。尚、本分析においては、自宅と異なる場所で眠る緊張やストレスといった影響を考慮するため、「体験宿泊時にいつも通りの生活ができたか」という問いに対して「どちらかというとも思わない」「そう思わない」と回答した対象者、及び体験宿泊時に睡眠薬の服用があった対象者を除く夏季10名、冬季9名を分析サンプルとした。その結果、夏季においては体験宿泊時に就寝中平均室温が低下した者ほど、冬季においては上昇した者ほど睡眠効率が向上する傾向が確認された。本結果より、モデル住宅就寝中の夏季の暑さと冬季の寒さの改善により、睡眠効率が向上する可能性が推定される。

## 6. まとめ

夏季と冬季の室内温熱環境の変化が睡眠に及ぼす影響の定量化を目的として、自宅と体験宿泊時における実態調査を行った。その結果、以下の結論を得た。

- (1) 本調査対象地及び対象者においては、夏季においては就寝中平均室温約26.6℃で、冬季においては就寝中平均室温約13.5℃で睡眠効率が最も高くなることが示された。
- (2) 夏季は就寝中平均室温が26.6℃以上の場合、1℃上昇に伴い睡眠効率が1.9%低下し、冬季は就寝中平均室温13.5℃以下の場合、1℃低下に伴い睡眠効率が1.0%低下する結果が示された。
- (3) 本調査対象地においては、無断熱の住宅に住んだ場合と比較して、平成11年基準の住宅に住むことで、睡眠効率が冬季に5.1%向上する可能性が示された。
- (4) 高断熱住宅における採涼・採暖計画により、就寝中の夏季の暑さ、冬季の寒さの改善が見込まれた。
- (5) 就寝中の夏季の暑さ、及び冬季の寒さの改善によって睡眠効率が向上する可能性が示された。

【謝辞】本調査は、梶原町職員の皆様、調査にご協力いただいた町民の皆様の多大なるご協力のもとに実施されたものである。分析にあたっては、浦田麻衣様（当時慶應義塾大学大学院修士課程）に多大なるご助言をいただいた。関係者各位、調査にご協力頂いた全ての皆様に深甚の謝意を表す。尚、本研究の一部は、科学技術

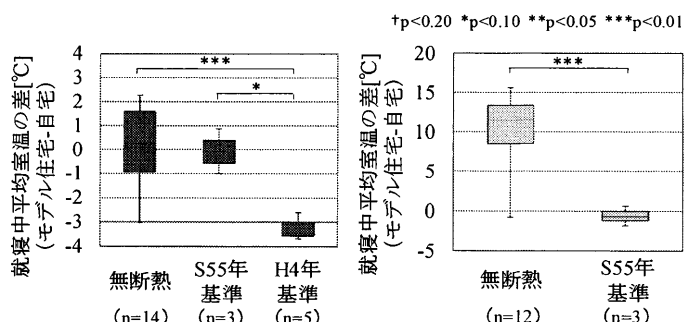


図9 就寝中平均室温の差（夏季 自宅の断熱性能別）

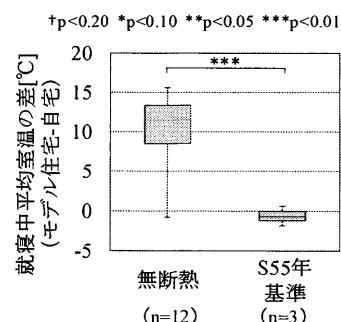


図10 就寝中平均室温の差（冬季 自宅の断熱性能別）

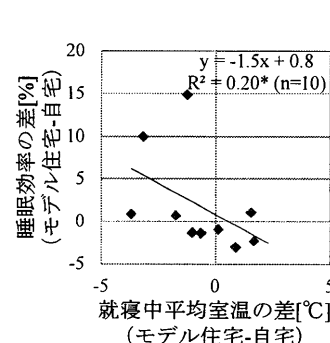


図11 就寝中平均室温差と睡眠効率の差の関係（夏季）

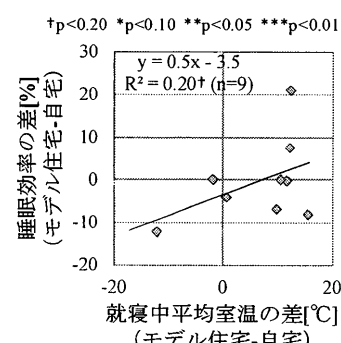


図12 就寝中平均室温の差と睡眠効率の差の関係（冬季）

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）」なら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）の助成を受け実施したものである。

【注釈】1) 総就床時間中の総睡眠時間の割合 2) 一部世帯においては外気温の測定を実施 3) 住宅事業建築主の判断基準、国土交通省、2009 4) 睡眠計は、電波センサーで体動を検知し、睡眠覚醒状態及び睡眠深度を判定 5) 体格指数：Body Mass Index (BMI)[kg/m<sup>2</sup>] = (体重[kg]/身長[m])<sup>2</sup> 6) 日本肥満学会による肥満度の判定基準より、BMI18.5未満を低体重、BMI18.5以上25.0未満を標準、BMI25.0以上を肥満と判定する 7) 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 8) 日本人の平均睡眠効率 9) 「日本建築学会編 拡張アメダス気象データ 2000年版」を活用 10) 全対象者の調査期間中の就寝時刻・起床時刻の中央値より、熱換気回路計算の解析結果においては22:00-6:00を就寝時刻と想定

【参考文献】1) 内山真、睡眠障害の社会生活に及ぼす影響と経済損失、日本精神科病院協会雑誌、Vol.31, No.11, pp.61-67, 2012 2) 三島和夫、健康やかな睡眠と休養、e-ヘルスネット、厚生労働省、2014.12閲覧 3) 梁朝度子、安眠への条件、有斐閣、pp.275-285, 1981 4) 白川修一郎ら、基礎講座 睡眠改善学、ゆまに書房、2008.2 5) 水上喜美子ら、高齢者の睡眠生活習慣及び睡眠行動に関する調査研究：性、年齢による差、川崎医療福祉学会誌、Vol.9, No.2, pp.281-287, 1999.12 6) 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, 2011.12 7) 国土交通省 気象庁、気象観測データ（梶原町）、2014.12閲覧 8) 都築和代、季節の住宅温熱環境が高齢者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.515-516, 2005.7 9) 玄地裕、居住環境における健康維持増進に関する研究：その10 外気温上昇が居住者の睡眠障害に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.1003-1004, 2009.7 10) 宇田川光弘、標準問題の提案住宅用標準問題、日本建築学会環境工学委員会熱分科会第15回熱シンポジウム、1985.9 11) 国土交通省、日本住宅性能表示基準・評価方法基準 技術解説（新築住宅）2010、工学図書株式会社発行、2010.10

\*1 慶應義塾大学大学院 修士課程

\*2 慶應義塾大学理工学部 教授 博士（工学）

\*3 北九州市立大学国際環境工学部 講師 博士（工学）

\*4 首都大学東京都市環境学部 教授 医学博士