

寝室における快適温度と睡眠の質に関する研究

準会員 ○西村美沙紀*
正会員 H.B.リジャル**

寝室 睡眠 温冷感
Griffiths 法 快適温度 適応モデル

1. はじめに

現代において肉体的、精神的に多大な疲労を感じる状況が増えている。そこで、睡眠は現代社会において重要であるといえる。しかしながら、日本の睡眠環境、特に夏季においては暑い、湿度が高い等の理由で、睡眠中に目が覚める、寝付けない、汗をかく等の症状がでて睡眠を妨げられるため、十分な睡眠をとることがなかなかできない。そのため、近年、睡眠に関する研究がみられる¹⁾。実際に住んでいる寝室の快適温度、睡眠環境に関する研究が少ないため、居住者の寝室での快適性や睡眠の実態は明らかではない。また、日常生活に着目した快適温度の研究はみられる²⁾が、寝室の就寝前と起床後を比較した快適温度に関する研究はみられない。そこで、本研究では関東地方の住宅を対象に、夏と秋の寝室の温熱環境の実測と居住者の熱的主観申告調査や睡眠の質に関する調査を行い、実際の寝室の快適温度や睡眠の質について明らかにする。

2. 調査方法

調査時期は2010年7月6日～10月11日である。対象住宅は東京都で3軒と神奈川県で8軒である。申告数は約1500個である。居住者の各寝室に「小型温湿度計」を設置し、就寝前と起床後に温冷感、起床後に睡眠の質などについて申告を行った(表1、2)。なお、外気温は最も近い気象台のデータを用いた。

3. 結果と考察

3.1 室温の分布

居住者の就寝時と起床時の室温について明らかにする。自然換気(NVモード)をしている時または、エアコンを付けている時(ACモード)の結果を比較する。なお、ACモードにはドライモードのデータ(n=13)も含めた。申告中の平均室温はNVモードで28.1℃、ACモードで27.1℃である。現在の気象庁での熱帯夜の位置づけは夜間の最低気温が25℃以上となっており、睡眠前後の室温はほとんど熱帯夜に含まれる。ACモードの平均室温が27.7℃と高い。これは2010年の夏が猛暑だったため、エアコンの設定温度も高めにしたためであると思われる。

表1. 温冷感の尺度

寝室の気温を今、どのよう に感じていますか。	
尺度	項目
1	非常に寒い
2	寒い
3	やや寒い
4	どちらでもない
5	やや暑い
6	暑い
7	非常に暑い

表2. 睡眠の質の尺度

今日の睡眠の質はどうで したか。	
尺度	項目
1	非常に良かった
2	良かった
3	どちらでもない
4	悪かった
5	非常に悪かった

3.2 温冷感の分布

居住者の寝室の温熱感覚を明らかにするために NV と AC モードの温冷感申告を明らかにする。就寝前と起床後の平均温冷感は NV モードで 4.5(n=1,038)、AC モードで 4.3(n=432) であり、NV モードの方が少し暑く感じている。NV と AC モードともに「4. どちらでもない」申告が最も多く³⁾、居住者が睡眠環境に満足しているといえる。

3.3 回帰法による快適温度の予測

居住者の就寝時と起床時の快適温度を明らかにするために回帰法を用いて快適温度を予測する。図1に NV と AC モードの温冷感と室温の散布図を示す。図中には回帰線と 95% の信頼区間の線を示す。回帰分析から下記の式が得られた。

$$NV \quad C = 0.171T_i - 0.332 \quad (n = 1,020, r = 0.50, p < 0.001) \quad (3)$$

$$AC \quad C = 0.136T_i + 0.513 \quad (n = 432, r = 0.31, p < 0.001) \quad (4)$$

C: 温冷感申告、 T_i : 室温(℃)、n: サンプル数、r: 相関係数、p: 有意水準である。NV と AC モードの回帰係数は類似しているが、温冷感と室温の相関係数は NV モードの方が高い。フィールド調査ではよく得られる回帰係数は 0.25 であると言われており⁴⁾、本研究の回帰係数の方が小さいため、今後さらに検討する必要がある。温冷感申告が「4. どちらでもない」の時、快適温度は NV モードで 25.3℃、AC モードで 25.5℃であり、両者の差が 0.2℃と小さい。温冷感「3. やや寒い」や「5. やや暑い」を用いて快適温度を予測すると、快適範囲は NV モードで 19.5～31.2℃となる。快適範囲の下限値付近ではサンプル数が少ないため、今後さらに検討する必要がある。また、AC モードのデータのばらつきが大きいため、快適範囲を予測しなかった。近年、夏のエアコンの設定温度は 28℃と言われているが、NV モードの快適温度の上限値は推奨温度よりも高い。これは居住者が住宅に適應しながら暮らしているためであると思われる。

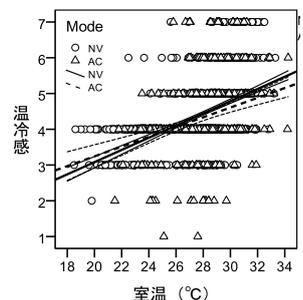


図1 温冷感と室温の関係

3.4 Griffiths 法による快適温度の予測

Griffiths 法⁴⁾を用いて NV と AC モードの快適温度を予測する。Griffiths 法による平均快適温度±標準偏差は、NV モード

で $27.2 \pm 2.4^\circ\text{C}$ ($n=1,020$)、AC モードで $27.1 \pm 2.6^\circ\text{C}$ ($n=432$) であり、両者の差は殆どない。回帰法と Griffiths 法による快適温度を比較すると、両者とも約 2°C 高い。これは Griffiths 法では回帰係数を 0.5 と仮定したためである。

3.5 就寝前後の快適温度の比較

就寝前と起床後の快適温度を回帰法と Griffiths 法を用いて比較する。睡眠前後の快適温度は、Griffiths 法ではほぼ同じである。回帰法では起床後の快適温度の方が高い(表 3)。これは、朝方の外気温が低下したことにより、居住者が就寝前よりも起床後のほうが涼しく感じていたためであると思われる。

表 3 就寝前後の快適温度の比較

Mode	就寝前後	回帰法				Griffiths法		
		式	n	r	p	T_c	T_{cg}	SD
NV	前	$C=0.148T_i+0.257$	436	0.50	<0.001	25.3	27.1	2.4
	後	$C=0.186T_i-0.737$	584	0.49	<0.001	25.5	27.2	2.4
AC	前	$C=0.122T_i+0.988$	300	0.30	<0.001	24.7	27.2	2.5
	後	$C=0.143T_i+0.159$	132	0.28	0.001	26.9	27.1	2.8

NV: 自然換気モード、AC: 冷房モード、n: サンプル数、r: 相関係数、p: 有意水準、 T_c : 回帰法による快適温度 ($^\circ\text{C}$)、 T_{cg} : Griffiths法による快適温度 ($^\circ\text{C}$)、SD: 標準偏差 ($^\circ\text{C}$)、C: 温冷感申告、 T_i : 室温 ($^\circ\text{C}$)

3.6 適応モデル (Adaptive Model) の提案

適応モデルは外気温を用いて室内快適温度を予測するモデルである。本研究も寝室の適応モデルを提案する。Griffiths 法による快適温度 (T_c , $^\circ\text{C}$) と移動平均外気温 (T_{m , $^\circ\text{C}$)⁶⁾ を示す(図 2)。図中には回帰線と 95% の信頼区間の線を示す。本研究で T_{m} を用いたのは平均外気温よりも快適温度との関連性が高いためである。得られる回帰式は下記に示す。

$$\text{NV } T_c = 0.585T_{m} + 11.550 (n=1,020, r = 0.63, p < 0.001) \quad (3)$$

$$\text{AC } T_c = 0.343T_{m} + 17.448 (n = 432, r = 0.21, p < 0.001) \quad (4)$$

NV モードの回帰係数や相関係数は AC モードより大きい。CEN 基準の回帰係数は NV モードで 0.33、AC モードで 0.09 であり⁶⁾、本研究の方が両者とも高い。CEN 基準はオフィスの調査に基づいているため、本研究と直接比較はできないが、今後さらに検討する必要がある。これらの式を用いて移動平均外気温が 25°C の時の室内快適温度を予測すると、NV モードで 26.2°C 、AC モードで 25.9°C になり、同じ外気温に対して NV モードの方が快適温度は高い。

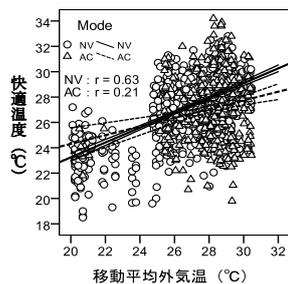


図 2 快適温度と外気温の関係

3.7 睡眠の質

居住者の睡眠の質を評価するために、居住者の起床後のデータを分析する。睡眠の質の平均値は 2.56 であり、「2. 良かった」「3. どちらでもない」申告が最も多かった(図 3)。睡眠の質で「4. 悪かった」と「5. 非常に悪かった」の割合は全体で 14.6%、NV モードで 15.1% ($n=593$)、AC モードで

11.6% ($n=130$) である。居住者は NV モードの方が少し睡眠の質を悪く感じていた。睡眠の質が悪かった場合、その理由の程度について申告してもらった³⁾。居住者が睡眠の質が悪いと感じた項目の中で「暑かったため」が最も多い。睡眠の質が悪い理由の中で「暑かったため」の「4. かなり理由である」申告が最も多い(図 4)。これは寝室の気温が高いためと考えられ、既往研究の結果とも類似している⁷⁾。このように、近年、睡眠の質が悪くなっているのは、一つの原因として都市温暖化が考えられる。

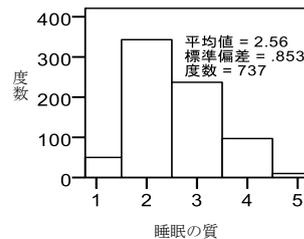


図 3 起床後の睡眠の質

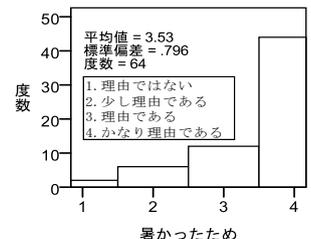


図 4 睡眠の質が悪かった理由

4. まとめ

関東地方の住宅を対象に、寝室における居住者の熱的主観申告や睡眠の質の調査と温熱環境の実測を行い、下記の結果が得られた。

1. 就寝時と起床時の平均室温は NV モードで 28.1°C 、AC モードで 27.1°C であり、両者とも高く、居住者は熱帯夜の気温よりも高い室温で就寝していた。しかし、NV と AC モードの温冷感申告「4. どちらでもない」申告が最も多く、居住者は睡眠環境に満足しているといえる。
2. 回帰法で予測した快適温度は、NV モードで 25.3°C 、AC モードで 25.5°C である。Griffiths 法で予測した快適温度は NV モードで 27.2°C 、AC モードで 27.1°C である。
3. 居住者が就寝前よりも起床後のほうが涼しく感じていた。これは、朝方の外気温が低下したためであると思われる。
4. 寝室の快適温度と外気温の関連性があり、提案した適応モデルを用いて寝室の快適温度が予測できる。
5. 起床後に睡眠の質を悪いと感じた割合は全体で 14.6% であり、一つの原因として都市温暖化が考えられる。

参考文献

1. 高柳絵里、伊香賀俊治、加藤彰浩：就寝時と温熱環境と疲労感が睡眠の質に与える影響、日本建築学会大会学術講演概要集(北陸)、pp. 541-542、2010.9
2. 中谷岳史、松原斎樹、藏澄美仁：関西地域の住宅における熱的快適性に関する実態調査-夏季の中立温度と許容範囲-、日本建築学会環境系論文集 第 597 号、pp51-56、2005. 11
3. 西村美沙紀、リジャル H.B：夏と秋における寝室の快適温度と睡眠の質に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、pp. 109-112、2011.3.
4. リジャル H.B、吉田治典、梅宮典子：住宅におけるネパールの夏と冬の温熱感覚、日本建築学会計画系論文集 第 565 号、pp. 17-24、2003.3.
5. Humphreys M.A. (1978), Outdoor temperatures and comfort indoors, Building Research and Practice (J. CIB) 6(2), pp 92-105.
6. リジャル H.B、梅宮典子訳：建物における熱的快適性の適応的基準 (Nicol F.)、空気調和・衛生工学会 第 83 巻 第 6 号、pp. 421-427、2009.6.
7. Humphreys M.A. (1978), The influence of season and ambient temperature on human clothing behaviour, In: Indoor Climate Eds: Fanger P.O. & Valbjorn O., Danish Building Research, Copenhagen, pp. 699-713.

*東京都市大学 環境情報学科 学部生

**東京都市大学 環境情報学科 講師・博士(工学)

* Undergraduate student, Tokyo City University

** Lecturer, Tokyo City University, Dr. Eng.