

寝室における温熱環境と快適性に関する研究

準会員 ○小澤真之*
正会員 H.B.リジャル**

住宅 寝室 気温
内外温度差 予測室温 温冷感

1. はじめに

近年、日本では異常気象や都市の温暖化の影響により最低気温が 25℃以上となる熱帯夜の日数が増加し、長期化している。その結果、夏季における睡眠障害の被害が拡大している現状である。2010年の夏は、熱帯夜の連続日数が過去最高となったのも記憶に新しい¹⁾。快適な睡眠を得るには、寝室の温熱環境、すなわち気温、湿度の実態把握することが重要である。特に今年の夏のように熱帯夜が続くと眠れない、暑くて目が覚める、疲れがとれない、だるいなどの症状が顕著に表れる。国立環境研究所のアンケート調査によると、人の体温は通常夜から朝方にかけて下がるが、熱帯夜など夜間の高温は睡眠を妨げる要因となる。室温と就寝中の人の体動を実験した調査結果によると、室温 22℃(10月)に比べて室温 28℃では体動が2倍になったと報告されている²⁾。

今までも寝室の温熱環境³⁾⁴⁾や睡眠の質⁵⁾⁶⁾に関する研究がみられる。しかし、様々な住宅の種類で同時に実測し、寝室に限定して温熱環境を相互比較した研究は少ない。実際には、人々は様々な種類の住宅に住んでおり、住宅の種類による寝室の温熱環境や居住者の快適性の評価について検討する必要がある。

そこで本研究では、関東地域の住宅を対象に寝室の温熱環境の実測と居住者の熱的主観申告調査を行い、寝室の温熱環境や居住者の快適性の評価について明らかにする。

2. 調査方法

調査期間は2010年7月6日～8月31日までのおよそ2か月間である。対象住宅は関東地域の11軒(一戸建て住宅6軒、集合住宅3軒、アパート2軒)である。23個の寝室の温湿度は小型温湿度計を用いて10分間隔で測定した。測定高さは約110cmである。なお外気温は気象庁のデータから引用した。

また、居住者が就寝前と起床時に温冷感申告を7段階尺度で行った(表1)。得られた申告数は約1500個である。

3. 結果と考察

3.1 寝室の温湿度分布

寝室の温熱環境を明らかにするために、各住宅の気温と相対湿度の平均値を比較する。寝室に冷房があっても使用して

いない場合もあるが、冷房を使用している時間帯の記録がないため、本研究では寝室に冷房がある場合とない場合にデータを分けて分析する。冷房がある部屋では冷房を使用すると思われるが、就寝時にタイマーで短時間冷房を利用する場合と自然換気を行う場合がある。

図1に各寝室の平均気温と95%の信頼区間を示す。図には参考のために4つの時間帯の値を示しているが、多くの居住者が就寝すると思われる「夜」を中心に分析する。なお、夜は0:00~5:50、朝は6:00~11:50、昼は12:00~17:50、夕は18:00~23:50と定義する。

冷房がある部屋とない部屋の全データを比較すると、測定期間中の全寝室の日平均室温はACで28.4℃、NVで30.3℃であり、両者の差は約2℃である⁷⁾。これは冷房がある建物では居住者が冷房を使用して室内環境を調節しているためと思われる。しかし、寝室に冷房があっても、冷房を使用しない場合もあるため、冷房がある場合の室温が自然換気を行っている場合の室温に近くなっている。

各住宅で比較すると、B邸の日平均室温はB1寝室で24.3℃、B2寝室で26.1℃であり、両部屋とも他の住宅より室温がかなり低い⁷⁾。これは冷房を頻繁に使用しているためと思われる。「夜」の平均室温を比較しても、同じことが言える(図1)。A邸、D邸は他の住宅と比較すると平均室温が高い。これらの寝室には冷房がなく、窓開放による室温を調節しているためと思われる。冷房を頻繁に使用しているB1・B2・E2寝室の平均室温は26.0℃で、主に自然換気を行っている他の寝室の平均室温は30.0℃であり、両者の差は4℃である。寝室の平均室温は他の時間帯と比べて「夜」が最も低い(図1)。これは朝方の外気温の低下によるものと思われる。なお、平均室内相対湿度はACで60%、NVで66%である。「全日」や「夜」の室内相対湿度は外気相対湿度より低い。

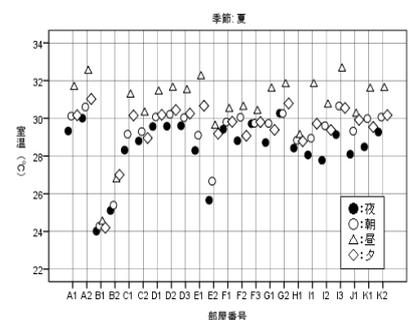


図1 各寝室の時間帯別の平均室温と95%の信頼区間

表1 温冷感申告と尺度

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

3.2 内外温度差

寝室の熱的性能を明らかにするために、図2に各住宅の寝室の内外温度差の平均と95%の信頼区間を示す。

ほとんどの寝室の「夜」の平均内外温度差は、他の時間帯に比べて高い(図2)。頻繁に冷房を使用している寝室の「夜」の平均室温は外気温より約3℃低いが、自然換気をしている寝室は外気温より約4℃高い(図2)。冷房がない寝室の内外温度差が高いが、窓開放により積極的に自然換気を行って室内環境を調節すれば、室温が低下できると思われる。このように居住者の生活パターンや行動(冷房使用・窓開放など)によって室内環境が異なる。

既往研究の日平均内外温度差は0.2~2.1Kであり、本研究の-0.2~3.1Kの範囲とほぼ同じである。⁷⁾⁸⁾ただし、冷房使用頻度が多いB邸は除いた。

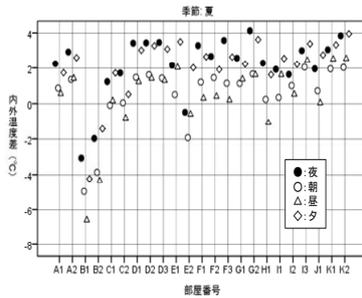


図2 各寝室の外温度差の平均と95%信頼区間

3.3 室温の予測

外気温度(T_o)を用いて寝室の室温(T_i)を予測するために、回帰分析を行う。下記は全寝室の式である。

$$AC \quad T_i = 0.342T_o + 18.714 \quad (n=80608, r=0.31, p<0.001) \quad (1)$$

$$NV \quad T_i = 0.576T_o + 14.118 \quad (n=104792, r=0.78, p<0.001) \quad (2)$$

冷房がない住宅の回帰係数や相関係数は冷房がある住宅より大きい。B邸は外気温度の上昇に伴い冷房を使用しているため、室温と外気温度の相関係数が小さい($r=0.11$)⁷⁾。反対にD邸は冷房がないため、外気温度の上昇に伴い室温も上昇するため、室温と外気温度の相関係数が大きい($r=0.81$)⁷⁾。外気温度が30℃の時B邸の予測室温は25.3℃であるが、他の住宅の予測室温は29.2℃~31.7℃となっている。これは住宅の熱的性能、冷房使用の有無、窓開放などによるものと思われる。

3.4 居住者の快適性評価

居住者の寝室における快適性を明らかにするために、温冷感申告調査を分析する。就寝前と起床後の平均温冷感申告はNVモード(自然換気時)で4.5、ACモード(冷房使用時)で4.3であり、NVモードの方が暑く感じている。温冷感の割合は「4.どちらでもない」が52.5%、「5.やや暑い」が22.5%

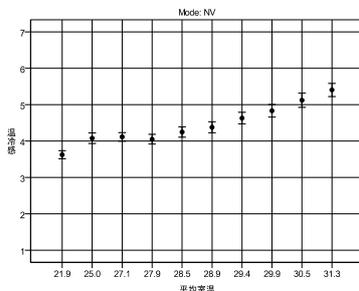


図3 室温に対する温冷感と95%信頼区間(2010.7.6~10.11)

を占める。NVとACモードともに「4.どちらでもない」申告が最も多く、居住者が睡眠環境に満足しているといえる。

さらに、居住者が寝室でどの程度暑く感じているかについて明らかにするために、図3にNVモードの平均室温に対する平均温冷感申告と95%の信頼区間を示す。なお、平均室温は室温を、ランダムに10グループに分けて平均した値であり、各グループのサンプル数は88~114である。

居住者が「4.どちらでもない」から「暑い」と感じ始める平均室温は約29℃である(図3)。居住者が「暑い」と感じている29℃以降は室温調節がうまくいっていない可能性がある。窓開放などで外気を積極的に取り込めば、「夜」の内外温度差を小さくすることにより居住者が就寝前後にもっと熱的に中立に感じると思われる。

4. まとめ

本研究では、関東地域の住宅を対象に寝室の温熱環境の実測と居住者の温冷感評価を行い、下記の結果が得られた。

1. 冷房を頻繁に使用しているB1・B2・E2寝室の平均室温は26.0℃で、主に自然換気を行っている他の寝室の平均室温は30.0℃であり、その差は4℃である。
2. 冷房がある寝室の「夜」の平均室温は、外気温より約3℃低いが、自然換気をしている寝室は外気より約4℃高い。
3. 平均相対湿度は冷房がある寝室で61%、自然換気をしている寝室で66%であり、室内相対湿度は外気相対湿度より低い。
4. 本研究と既往研究を比較すると、日本の夏季における日平均内外温度差は0.2~2.1Kであり、本研究の-0.2~3.1Kの範囲とほぼ同じである。
5. 冷房がない寝室の室温と外気温度の相関関係は高く、回帰式を用いて室温を予測することができる。
6. 就寝前と起床後の平均温冷感申告はNVモードで4.5、ACモードで4.3であり、NVモードの方が少し暑く感じている。
7. 居住者が「4.どちらでもない」から「暑い」と感じ始める平均室温は約29℃である。

参考文献

- 1 気象庁WEBサイト <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- 2 国立研究所：温暖化に関するアンケート「平成15年度実施」
<http://www.env.go.jp/air/report/h16-04/chpt05.pdf>
- 3 宮野則彦、浅見雅子、宮野秋彦、寝室及び便所の温湿度変化から見た住居環境の考察、日生気誌、pp.57-70、1990.
- 4 華山真行、岩前篤、石津京二、石黒晃子、鉾井修一：関西に適した寝室の温熱環境に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集 pp.117-120、2005.
- 5 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(近畿)、pp.515-516、2005.9.
- 6 高柳絵里、伊香賀俊治、加藤彰浩：就寝時の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梗概集(北陸)、pp.541-542、2010.9.
- 7 小澤真之、H.B.リジャル：夏季における寝室の温熱環境と温冷感に関する研究、2010年度日本建築学会関東支部研究報告集、pp.105-108、2011.1
- 8 リジャルH.B、吉田治典、梅宮典子：ネパール各地の伝統的住宅における夏季の温熱環境、日本建築学会計画系論文集第557号、pp.41~48、2002.7.

*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.