

大学の学生居室における冷房設定温度と室温および熱的快適性に関する研究

Setting Temperature, Air Temperature and Thermal Comfort in Student Rooms of University

○山下穂高（大阪市立大学）* 梅宮典子（大阪市立大学）* 大倉良司（大阪市立大学）*

Hodaka YAMASHITA* Noriko UMEMIYA* Ryoji OKURA*

*OSAKA CITY UNIVERSITY

Survey on cooling setting temperature and thermal sensation was carried out for university student rooms. Results: 1) Ratio of the rooms setting more than 28 °C is 32.6, 31.3, 44.7 and 50% from July to October. 2) For setting temperature of 26 °C, the ratios of “cool”, “comfort”, “slightly perceivable” about air movement, and “not perceivable” about sweat are higher than those for 28 °C. 3) Thermal sensation of those answer “discomfort” is in warmer side in July and October and in cooler side in August and September.

1. 背景と目的

地球温暖化問題が叫ばれ、クールビズの取り組みなど、省エネルギーの必要性は近年ますます高まっている。しかし冷房設定温度の実態はあまり明らかになっていない。田中ら（2008）¹⁾は、大学居室の実態把握を目的に着衣量と冷房設定温度や熱的快適性との関係について、1) 外気温の変化と共に冷房設定温度と着衣量は変化した。平均値は、梅雨期26.9°C、0.54clo、盛夏期26.7°C、0.51clo、残暑期26.6°C、0.59cloであった。2)全期間を合わせると、相関はそれぞれ、着衣量と外気温 $r^2 = 0.28$ 、設定温度と外気温 $r^2 = 0.17$ 、着衣量と設定温度 $r^2 = 0.024$ であった。3)調査建物により冷房使用状況に差があった。4)靴下の着用が全身温冷感に影響していた。の4点を明らかにした。本研究は、田中らと同じ対象室に温度計を設置して室温を連続測定し、冷房設定温度と室温、外気温の関係の実態を調べ、冷房設定温度28°Cとそれ以下の温度での室温、外気温、熱的快適性の違いについて考察する。

2. 調査方法

2.1 調査対象居室

調査対象居室は大阪市立大学工学部B棟6室C棟17室の学生居室とした。実験室や教員室は除いた。B棟とC棟は中庭をはさんで平行して建ち同規模であるが、B棟は、電気系、数学系の工学部生が使用していて、C棟は、建築土木系、機械系の工学部生が使用している。そのなかで北向きの部屋はB棟1部屋C棟7部屋で、残りは全て南向きである。

2.2 調査日時

冷房を使用する2008年7月~10月の学業期間の合計10日間の学生が部屋に在室し、最も暑いと思われる平日の13時~15時に、設定温度と申告の調査を行った。室温や外気温は連続測定した。

2.3 調査項目

居室に関しては、天候、入室時間、窓の開放状況、冷房の設定、冷房の設定温度を、在室者に関しては、温冷感をASHRAE²⁾7段階尺度で、気流感、熱的快適感、汗、放射感、を4段階尺度で示した紙を見せて指差してもらった。他に着衣量と在室時間も訊いた。

小型温度（湿度）計*で居室の室内温熱環境を10分間隔で、気象観測機器**で外気象を1分間隔で測定した。小型温度計は、直接風の当たらない、壁から少し離れたところ、気象観測機器は建物の陰に入らない、周りに熱を発するものがない建物屋上を選んだ。外気象は一部欠測したため、建物屋上で測定されたデータを用いた。

3. 結果と考察

10日でのべ166室555人を調査した。その日別結果を図1に示す。

3.1 室温調節状況および温感申告

166室のうち122部屋で冷房を使用していた。そのときの設定温度の度数分布を図2に示す。7,8月には20°C設定の部屋もあるが、これはエアコンの効きが悪く、暑いから設定温度を下げていると考えられる。

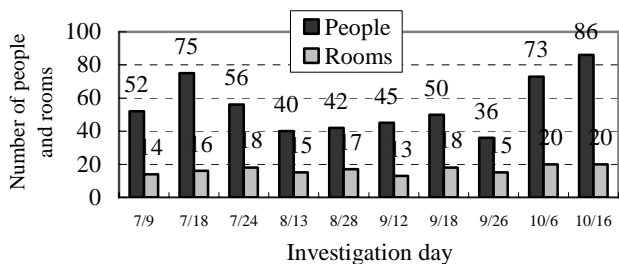


Fig.1 Number of people and rooms by days

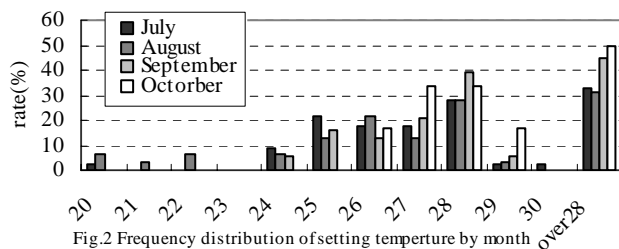


Fig.2 Frequency distribution of setting temperature by month

図3は外気温と棟別の冷房使用率、窓開放率を示したものである。B、C棟を比べると、7月ではB棟は窓も閉めて冷房も使っていない部屋があり、C棟は窓を開けて冷房も使っている部屋があった。8月は全ての部屋で冷房を使って、窓を閉めていた。9月ではB棟は100%冷房を使用している、窓は100%閉まっているがC棟は一部冷房使用を停止して、一部窓を開け始めている。C棟は9/12外気温が28.43°Cで窓を開けだして、9/18外気温が27.27°Cで冷房使用率が下がりだす。B棟は10/6外気温が25.44°Cから窓を開けだして、冷房使用率が下がりだす。B、Cの窓が最初に開くときには、2.99°Cの温度差があり、冷房使用を停止しだすときには、1.83°Cの温度差がある。外気温の変化だけで窓を開け始めるのではなくC棟においては、8/28に外気温が28.43°Cを下回る27.64°Cを記録しているが、まだ8月中だから、夏、という意識で窓を開けずにエアコンを使っているのではないかと考える。

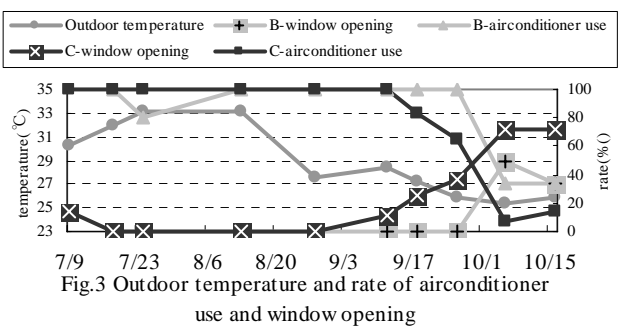


Fig.3 Outdoor temperature and rate of air conditioner use and window opening

図4に快適感申告別平均室温を月別に示す。「不快」の月別の平均室温は、8,9月では「快適」や「少し不快」の平均室温より低い。「不快」と答えた人の温冷感は、7,10月と8,9月には違いがあり、7,10月は「暑い」よりの回答が多く、8,9月は「寒い」よりの回答が多くX二乗検定のP値は2.5%で快適感と温冷感に有意な関連が見られる。以上より、8,9月には過冷房の場合があったといえる。

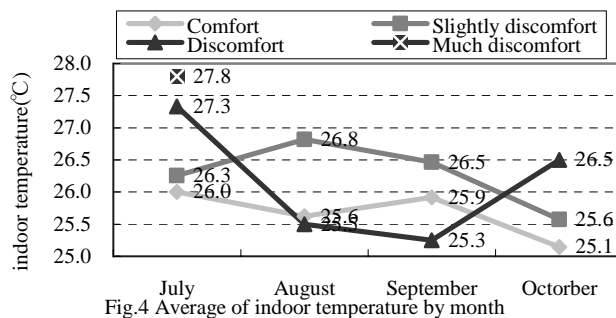


Fig.4 Average of indoor temperature by month

3.2 28°C設定と26°C設定の比較

3.2.1 熱的快適性の比較

図5の温冷感では「少し涼しい」「どちらでもない」が28°C、26°C設定とも1番目と2番目に多いが、3番目に多い項目が28°C設定では「少し暖かい」で、26°C設定では「涼しい」である。「快適」の割合は、28°C設定では62.9%、26°C設定では74.2%と26°C設定のほうが高く、「少し不快」は28°C設定では31.5%、26°C設定では22.6%で28°C設定のほうが高い。気流感では「感じない」の割合は、28°C設定では39.5%、26°C設定では33.9%と28°C設定のほうが高い。汗では「かいていない」は、28°C設定で69.4%、26°C設定で77.4%と26°C設定のほうが高く、「少しかいている」は、28°C設定では、27.4%、26°C設定では12.9%と、28°C設定のほうが高い。以上より、26°C設定のほうが温冷感「涼しい」側、熱的快適感「快適」が多く、気流感は「感じない」は少なく、汗は「かいていない」が多く申告される。

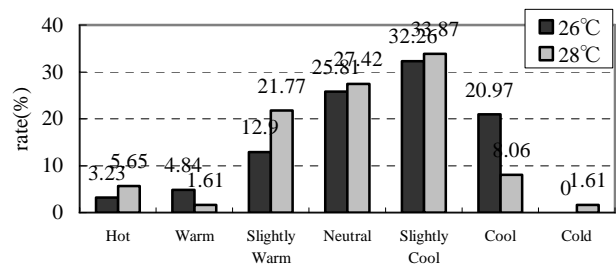


Fig.5 Frequency distribution of thermal sensation by setting temperature

期間別に見ると、7,8月を合わせた前半の分布では「快適」は28℃設定では60%、26℃設定では68.2%で26℃設定のほうが高く、後半の9,10月を合わせた分では「快適」は28℃設定では67.4%、26℃設定では88.9%であり、26℃設定のほうが高い。夏季の後半のほうが28℃設定と26℃設定で「快適」申告率の差は大きい。快適申告率と室温はp値10.6%で関連が見られる。

3.2.2 室温および外気温の比較

図6のように室温は28℃設定時で最大値29.8℃、最小値24.2℃、平均値26.6℃で、26℃設定時で最大値26.5℃、最小値23.6℃、平均値25.5℃である。設定温度との差は28℃設定で1.4℃、26℃設定で0.5℃であり、28℃設定のほうが室温平均値の差は有意に大きい。最大最小の差も大きい。

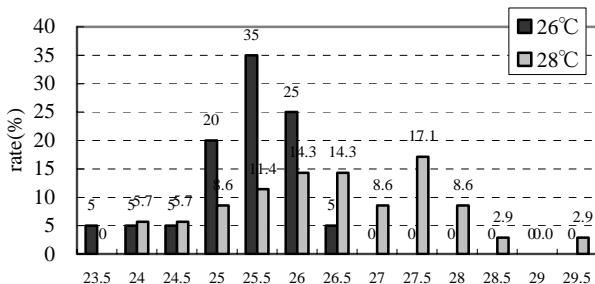


Fig.6 Indoor temperature by setting temperature

28℃設定時と26℃設定時で外気温の平均値は7月に32.3℃と31.2℃、8月に31.4℃と30℃、9月に27.4℃と27.4℃であり(10月は26℃、28℃とも一部屋ずつのみで26.4℃、26.4℃)、9,10月には冷房28℃設定では平均外気温が設定温度より低い。28℃と26℃で、室温の差の検定のP値は全期間では12.6%で、月別の外気温では順に、18%、33.9%、69.3%である。冷房時の設定温度、室温、外気温の相関はそれぞれ、設定温度と室温で $r^2=0.01$ 、設定温度と外気温で0.027、室温と外気温だと0.068でほとんど相関がない。

3.3 在室時間と熱的快適性

在室時間の度数分布をもとに、20分未満、20分～59分、60分～119分、120分以上に4分類して、温冷感のグラフを図7に示す。分け方は全データをほぼ4等分になるように区切っている。X二乗検定のP値は13.9%と弱い関連が見られ、傾きも見られて、20分未満の人は「どちらでもない」にピークがきているが、在室時間が長くなるにつれて、ピークが「涼しい」によっていく。そして「寒い」と感じると申告する人は60分以上在室している人だけだった。し

かし、120分以上の人の6.25%は「暑い」と回答しているという流れにあわない人もいる。

熱的快適感について見ると、X二乗検定のP値は20.6%と関係性は見られず、短い時間のほうが「快適」と答える人が少なく、長くなるほど多くなっていく傾きが見られた(図略)。放射感や汗についても同じような傾きが見られたが120分以上の人は「少し感じる」「少しかいている」人が多かった(図略)。X二乗検定のP値はそれぞれ33.7%、1.5%で汗については関連が見られた。気流感のX二乗検定のP値は8.2%と関連が見られた。

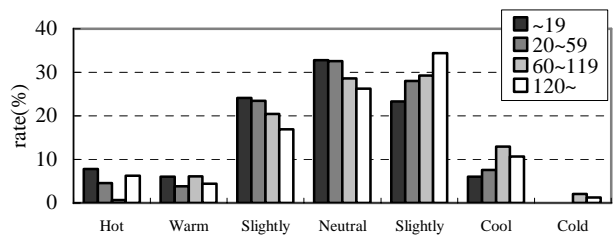


Fig.7 Frequency distribution of thermal sensation by a living-in-room time

熱的快適性申告と在室時間の間に関連が見られたので、選択肢ごとに平均在室時間を出して、違う方向から見てみる。温冷感のグラフを図7に示す、「暖かい」で一番平均在室時間が短く、そこを頂点として「暑い」「寒い」になるにつれて平均在室時間が長くなっていく。そして一番長いのが「寒い」なので、長い時間いるほど「寒い」と答える人が多くなる、と見える。しかし反対に「暑い」と答えた人の平均在室時間も長いことから、長くいると「寒い」と感じるようになるだけでなく、「暑い」と感じる人もいるということがわかる。熱的快適性を見ると、「快適」「少し不快」「不快」の中で「少し不快」の人の在室時間は64.0分と短く、「快適」「不快」と答えた人は78.0分、72.7分と同じぐらいであるから、入ってあまり時間がたっていない人のほうが「少し不快」に感じると見える。

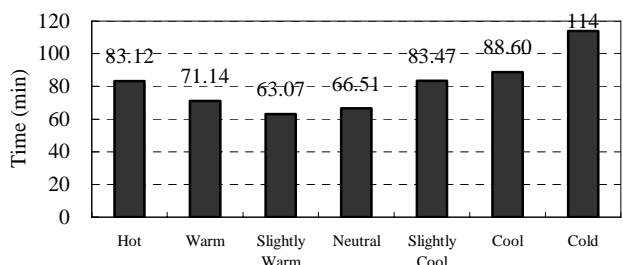


Fig.8 The average of living-in-room time by frequency distribution of thermal sensation

3.4 男女差

男女別に分けて熱的快適性申告を見る。図9の温冷感を見ると、X二乗検定のP値は6.3%と関連が見られ、男性は涼しい寄り、女性は暖かい寄りである。一般的に女性のほうが寒いと感じるといわれているが、この調査では逆の結果が得られた、それは、今回の場合女性でスカートをはいている人が少なく、男性より、女性のほうが重ね着をしていたので、暖かいよりの回答になったのではないかと考える。しかし、「暑い」と答えたのは男性だけで「寒い」と答えたのは、女性のほうが、大きく割合が高かった。温冷感では差があるのに、熱的快適性を見るとあまり大きな違いが見られず、X二乗検定のP値も78.9%と関連は見られない。汗について見ると、X二乗検定のP値は3.2%と関連が見られ、男性のほうが少しかいている割合が多い。気流感と放射感もX二乗検定のP値も89.5%、38.2%と関連が見られず、性別による違いは見られない。

ただし今回の実験では男性506人、女性49人と極端な人数比である。

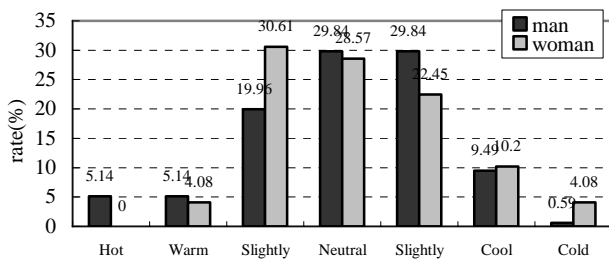


Fig.9 Frequency distribution of thermal sensation by sex

3.5 棟による違い

C棟とB棟の平均在室時間は、全期間、期間別いずれもC棟のほうが短い。全期間では、B棟91.7分、C棟67.5分である。快適性申告(4段階)の平均値を図9に示し、それを見るとC棟では1.3~1.4と安定して1に近く「快適」よりで、B棟では1.2~1.6と不安定で9月以外C棟より平均値が高い。9月だけB棟のほうが、快適性の平均値が低いのは、9月はC棟では窓を開け始め、冷房を切り始めているが、B棟では窓開放率0%、冷房使用率100%と窓を閉め切り、冷房を使い続けていたことと関連すると考えられる。

温冷感を見ると、8,9月はB棟が7,10月はC棟が「寒い」よりになっている。B棟よりC棟のほうが安定して「快適」

よりであるといえる。設定温度を28℃以上の部屋の割合は、B棟では57.2%でC棟では28.7%と、B棟のほうが高い。

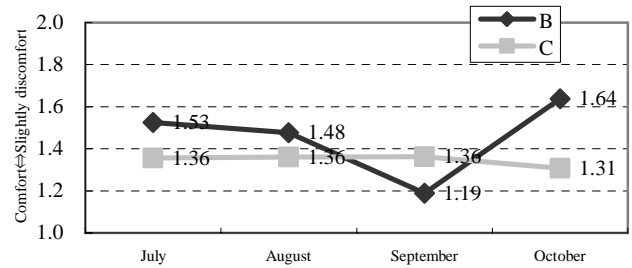


Fig.10 Average of frequency distribution of thermal comfort by month

4. まとめ

- 1) 冷房設定温度を28℃以上に行っている部屋は全体の36.9%である。月別では順に32.6%31.3%44.7%50%。
- 2-1) 26℃設定のほうが、温冷感では「涼しい」、熱的快適性では「快適」、気流感では「少し感じる」、汗では「感じない」と答える割合が28℃設定より高い。
- 2-2) 28℃設定のほうが室温と設定温度との差が大きい。
- 2-3) 熱的快適感で「不快」と申告した人の温冷感は7,10月では「暑い」より、8,9月では「寒い」よりである。
- 2-4) 前半の7,8月より後半の9,10月のほうが、28℃設定と26℃設定の「快適」申告率の差が大きい。
- 2-5) 9,10月は28℃設定時の平均外気温が28℃を下回る
- 3) 温冷感別に平均在室時間を見ると、長くいると「寒い」と感じるようになるだけでなく、「暑い」と感じる人もいる
- 4) 男女別に見ると男性は「涼しい」よりの回答が多く、女性は「暖かい」よりの回答が多い。
- 5) C棟よりB棟のほうが在室時間が長く、申告が不安定で、設定温度28℃以上の割合が高い。

参考文献

- 1) 田中康晶ほか：大学の学生居室における冷房設定温度と着衣量に関する調査、第37回空調学会近畿支部発表会論文集、pp.225-228、2008年
- 2)ASHRAE Fundamentals Handbook 2005、CHAPTER8 THERMAL COMFORT pp.8.1-8.22、2005

注 * T and D株式会社 Thermo Recorder TR - 72U 又は TR - 71 又は TR - 72

** HOBO WEATHER STATION