

関東の住宅における夏の熱的快適感と気流感に関する研究

準会員 ○山之内祥太*
正会員 H.B.リジャル**

住宅 リビング 気流感
グローブ温度 寒暑感 快適感

1.はじめに

外気を取り込んで室内の温熱環境を良好な状態にする方法は古くから行われてきた夏の環境調節行動である。近年ではエアコンの普及率が高くなっているが、節電意識が高まっていることからエアコンを利用せずに窓開閉や扇風機の利用、エアコンと扇風機の併用により消費電力を抑えつつも、室内に気流をつくって快適に過ごそうという工夫がなされている。これらのことから室内温熱環境において気流の確保が重要であることがうかがえる。

しかしながら、室内環境調整行動としての窓開閉を考慮した研究は大学キャンパス¹⁾、集合住宅²⁾など様々な場を想定した研究がなされているが、扇風機の気流を考慮した研究は少ない。

本研究では、リビングにおける温熱環境の実測と熱的主観申告調査を行い、気流感と快適感についての関係や扇風機利用の効果について明らかにする。

2.調査方法

調査対象住宅は東京都で1軒と神奈川県で8軒、千葉県で1軒である。調査期間は2013年8月10日～10月3日である。室温とグローブ温度、相対湿度で小型測定機器を用いて、10分間隔に測定した。各機器の測定高さは約110cmである。

また、気流感の申告は7段階尺度、快適感の申告は6段階尺度、寒暑感の申告は7段階尺度を用いた(表1)。扇風機の利用有無に関しては、バイナリ形式(0=Off、1=On)で申告してもらった。申告対象人数は11世帯の20人(男性:10人、女性:10人)で、得られた申告数は936個である。申告者の年齢は20～59歳である。

表1 申告項目と尺度

尺度	気流感	快適感	寒暑感
1	非常に風が弱い	非常に不快	非常に寒い
2	風が弱い	不快	寒い
3	やや風が弱い	やや不快	やや寒い
4	ちょうどよい	やや快適	どちらでもない(暑くも寒くもない)
5	やや風が強い	快適	やや暑い
6	風が強い	非常に快適	暑い
7	非常に風が強い		非常に暑い

3.結果と考察

3.1 申告時の温熱環境

FR(Free Running、非冷房)モードはエアコンを使用していない状態、CL(Cooling、冷房)モードとはエアコンを利用した場合である。平均室温は両モードともに27.7℃であるが、標準

偏差がFRモードで2.1℃、CLモードで1.7℃であり、FRモードの方が室温のばらつきが大きいことが分かる。また、申告時の平均外気温は27.0℃、標準偏差は3.61℃となっている。

3.2 気流感の分布

気流感申告の平均値はFRモードで3.3、CLモードでは3.9である(図1)。両モードともに、「4.ちょうどよい」の申告が多く、FRモードで50%、CLモードで75%となっている。また、気流を強いと感じる申告はほとんど見られない。気流が弱い側の申告を合計するとFRモードで46%、CLモードで16%となっており、FRモードの方が弱く感じる。

FRモードでは、エアコンによる温度調節がされていないため、体感温度を低下させるため気流が弱いと感じているのではないかと考えられる。CLモードでは、気流感を「4.ちょうどよい」と感じている割合が高い。これは、エアコン利用により室内環境が快適な状態に保たれており、気流に関しても快適に感じているのではないかと考えられる。CLモードでは多くの居住者が気流を「4.ちょうどよい」と感じているため、以降ではFRモードについて分析する。

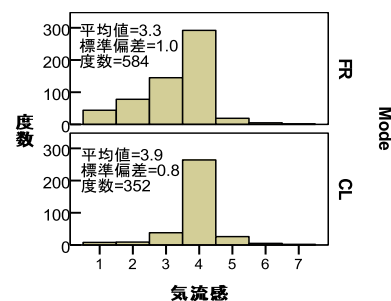


図1 気流感の度数分布

3.3 気流感とグローブ温度の関係

温度が上がるにつれて段々と気流を弱いと感じる申告が増えていき、平均グローブ温度は27.8℃～28.6℃で気流感の申告が上がる傾向にあるが、この温度帯で扇風機の使用割合が5割程度に伸びているため、扇風機の利用によって気流を弱いと感じる申告が減ったのではないかと考えられる³⁾。28.6℃からは、気流が弱い申告が増える傾向にあるが、扇風機を利用していても、温度が高いと体が暑く感じ、もっと気流が欲しいと感じていると思われる。野田ら⁴⁾の研究でも、扇風機を使用して暑さに対して許容できる気温は28℃までと示しており、本研究でも同様の傾向がみられた。平均グローブ温度が24.2℃では扇風機の利用割合は1割程度となっているが、28.6℃を超えたあたりから扇風機の利用が大きく増え、平均グローブ温度30.8℃では、扇風機が6割程度利用されており、グローブ温度が上がるにつれて扇風機の利用が増えていく傾向がみられた。

3.4 快適グローブ温度と扇風機利用の関係

快適グローブ温度と扇風機利用の関係性について Griffiths 法を用いて検証する^{5),6)}。

FR モードで快適グローブ温度は 26.7°C(度数: 584、標準偏差: 1.7°C)である、扇風機の On と Off の時の平均快適グローブ温度を比較すると、On 時で 27.3 °C、Off 時で 26.5°Cである。この結果は、夏と秋の快適温度⁷⁾や夏の快適温度^{5),6)}に近い値を示している。FR モードでは、扇風機を利用することにより約 1°Cのグローブ

温度が高くても快適に感じていることがわかる。室内に風速 1m/s の風があれば快適温度を 3.4°C 上昇可能であり⁸⁾、室内の風は人々の快適温度に影響を与えることがわかる。しかし、今回は申告時の気流を測定していないため、今後は更に検討する必要がある。

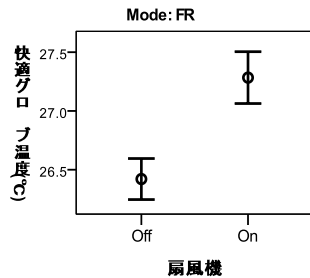


図 2 扇風機利用の有無における快適グローブ温度と 95%信頼区間

3.5 快適感と気流感の関係

気流感の申告を、3 段階尺度に変換した(図 3)。気流感「1.非常に気流が弱い」、「2.気流が弱い」、「3.やや気流が弱い」を尺度「1.気流が弱い」に、「4.ちょうどよい」を尺度「2.ちょうどよい」に、「5.やや気流が強い」、「6.気流が強い」、「7.非常に気流が強い」を尺度「3.気流が強い」とした。3 段階の気流感と快適感との関係を分析した結果、FR モードで下記の 2 次回帰式が得られた。

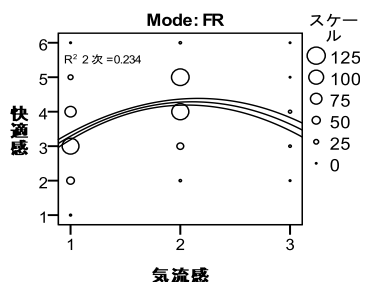


図 3 快適感と気流感の関係

を分析した結果、FR モードで下記の 2 次回帰式が得られた。

$$OC = -0.813V^2 + 3.426V - 0.676 \quad (n = 584, R^2 = 0.23, p < 0.001) \quad (1)$$

OC: 快適感申告、V: 気流感申告、R²: 決定係数である。

この二次式を微分して OC=0 を代入すると、最も快適な気流感は、2.1 となる。すなわち、気流感を「ちょうどよい」と感じている時、人々は快適に感じている。また、図の回帰線を見ると、気流が弱くても強くても快適感が低下している。

3.6 扇風機利用の予測

室温とグローブ温度に基づいて扇風機利用の割合を予測するためロジスティック回帰分析を行う。プロットは 1°C刻みに平均した実測値である。なお、申告が 10 以下の場合には信用性が低いと考え図には表示していない。

$$\text{logit}(p) = 0.4407T_g - 13.092 \quad (n = 584, R^2 = 0.132, p < 0.001) \quad (2)$$

$$\text{logit}(p) = 0.459T_g - 13.624 \quad (n = 584, R^2 = 0.140, p < 0.001) \quad (3)$$

T_i: 室温(°C)、T_g: グローブ温度(°C)、R²: Cox and Snell の決定係数である。どの温度においても実測値と予測値がよくマッチしている。

居住者は室内の温度が上がるにつれて、扇風機を利用する割合が増え、28～29°Cで 50%の居住者が扇風機を利用している。

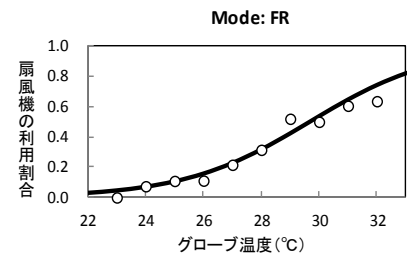


図 4 扇風機利用とグローブ温度の関係

しかし、温度が 30°Cを超えても扇風機を利用する割合が 8 割に達しておらず、温度が高くても環境調整に扇風機を利用しない居住者もいるのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では住宅のリビングにおける温熱環境の実測と居住者の熱的主観申告調査を行い、下記のような結果が得られた。

1. 気流感の申告はFRモードとCLモードで「4.ちょうどよい」が全体の 50%を占めている。また、風が強い側の申告はほとんどみられなかった。
2. FRモード時における快適グローブ温度は扇風機 On で 27.3°C、扇風機 Off で 26.5°Cとなり、扇風機を利用した方が快適温度が約 1°C程度上昇できる。
3. 気流感と快適感に関連がみられ、3 段階尺度の気流感の場合、気流感「2.ちょうどよい」で快適感が最大となる。
4. 室温とグローブ温度に基づいて扇風機利用をロジスティック回帰で予測した結果、温度が上がるにつれて扇風機利用の割合も増え、28°C～29°Cで 50%の居住者が扇風機を利用する。

謝辞

実測調査と申告調査に住民の方々にご多大なご協力を頂いた。本研究は科研費(基盤研(C): 24560726)の助成を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

1. 鈴木ら、日本建築学会計画論文集 556 号、pp. 91～98、2010.6
2. 林、梅宮、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 号、pp.597～598、2006.9
3. 山之内ら、日本建築学会関東支部研究発表会、pp.105-108、2014.2.
4. 野田ら、日本建築学会関東支部研究報告集 80(II)、pp. 57～60、2009.
5. リジャルら、日本建築学会 第 42 回熱シンポジウム、pp. 107-114、2012.11.
6. Rijal et al. Architectural Science Review 56(1), pp. 54～69
7. 吉村ら、日本建築学会関東支部研究報告集 82(II)、pp. 113～116、2011.3.
8. リジャル、東京都市大学環境情報学部紀要 12 号、pp. 50～62、2011

*東京都市大学 環境情報学科 学部生

**東京都市大学 環境学部 環境創生学科 准教授・博士(工学)

* Undergraduate student, Tokyo City University

** Assoc. Prof., Tokyo City University, Dr. Eng.