

リビングにおける温熱環境と快適感に関する研究

準会員 ○勝野二郎*
正会員 H.B.リジャル**

リビング 気温 湿度
実測 夏季 快適感

1. はじめに

日本のエネルギー需要は1980年代半ば以降、一部を除いて一貫して伸びている¹⁾。近年では、各家庭でのエアコンの普及率が過去と比べ大幅に上がっている¹⁾。また、2010年度の夏季の平均気温は、統計を開始した1898年以降の113年間で第一位となり、今後とも暑い日が続き、家庭部門の冷房エネルギー消費量が増加すると思われる。

今までの住宅の温熱環境に関する研究では一部の地域の特定の住宅の種類や構造に限定した研究が多く²⁾、様々な種類の住宅で同時に実測して温熱環境を相互比較した研究は少ない。実際、人々が様々な種類の住宅に住んでいるため、住宅の種類や居住者の行動による室内環境の特徴を明らかにする必要がある。

住宅においてリビングは、居住者が特に集まりやすく、住宅の中心的な空間であるため、リビングの温熱環境は居住者の生活行為に大きな影響を与え、他の部屋に比べてエアコンの使用頻度が高いと思われる。リビングが暑くも寒くもない温熱環境が長時間保たれば必然的に夏季におけるエアコンの使用時間が少なくなるとと思われる。そこで、本研究では関東地域の住宅を対象にリビングの温熱環境の実態把握と居住者の熱的快適感について明らかにする。

2. 調査方法

測定は東京都と神奈川県在住の11軒を対象に、2010年7月6日～8月31日の間に行った。対象住戸の室温、相対湿度を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。居住者の総合的な快適感について一日数回任意で申告を取った(表1)。対象者の年齢は13～64歳で、男性15名、女性14名、計29名である。外気温は最も近い気象台の値を用いた。

表1 快適感申告

尺度	項目
6	とても快適
5	まあまあ快適
4	少し快適
3	少し不快
2	まあまあ不快
1	とても不快

今の総合的な快適感を教えてください。(気温、湿度、風、明るさなどを考慮して下さい)

3. 結果と考察

3.1 リビングの温湿度分布

リビングの温熱環境を明らかにするために、各住宅の室温を比較する。図1に各住宅の平均値と95%の信頼区間を示す。時間帯は0:00～5:50を夜、6:00～11:50を朝、12:00～17:50を

昼、18:00～23:50を夕とした。

測定期間中の全住宅の平均室温はリビングに冷房がある住宅(AC)で28.1℃、リビングに冷房がない住宅(NV)で29.9℃であり、NVの室温の方が高い。平均相対湿度は65～67%である。冷房を頻繁に使用しているB邸の室温は冷房がない住宅より平均で約5℃低い。

各時間帯の平均室温を比較するとほとんどの住宅の「夜」の室温は「昼」より低くなっている(図1)。これは夜中から朝方にかけて外気温が低下し、室内へ影響を及ぼすためと思われる。

夏の日を表として、8月19日の温度変動をみると¹⁾、どの住宅のリビングの室温も昼間に外気より低く、夜間に外気より高くなっている。これは昼間に居住者が窓開閉を行うため外気の影響を受けやすいと思われる。B邸は冷房を中心とした生活をしているため、一日中の室温変動は25℃付近で安定している。その他の住宅のリビングでも室温が25℃まで低下することもあり、ACを使用して室温を調節しているためと思われる。

既往研究と比較する。日本各地の12軒の伝統的住宅の平均室温は26.0℃である³⁾。これは本研究のリビングに冷房がない住宅より約4℃低い。伝統的住宅の熱的性能や外気温が異なるため単純に比較できないが、近代的な住宅より伝統的住宅の方が夏の温熱環境が優れている可能性がある。

3.2 内外温度差

住宅の熱的性能を検証するために、各

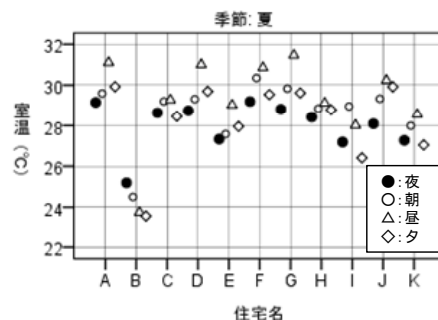


図1 各住宅の平均室温と95%の信頼区間

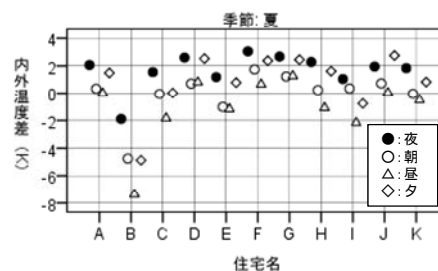


図2 内外温度の平均値と95%の信頼区間

住宅の内外温度差を比較する。(図2)

測定期間中の平均内外温度差は冷房がある住宅で-0.1K、冷房がない住宅で 1.5K である。既往研究と比較すると伝統的住宅の平均内外温度差は土座の影響の大きい山形県山形市の民家を除くと 1.1K であり、本研究と類似している³⁾。各住宅の夜間の内外温度差は昼間より大きい。内外温度差が最も大きいのは B 邸であり、昼間には-6.1K となっている。夜間の平均内外温度差が最大 2.7℃になっており、窓開放を行って室内環境を調節すれば、室温を改善できる可能性がある(図2)。リビングに冷房がない住宅で比較すると、木造住宅(A邸、D邸)の内外温度差は鉄骨製集合住宅のF邸より昼と夜とも小さい。

3.3 室温の予測

住宅の室温を予測するために、回帰分析を行う。例として図に冷房がある住宅(A邸)とない住宅(B邸)における室温(T_i)と外気温(T_o)の相関関係を示す(図3)。下記は住宅の全体の回帰式である。

$$AC \quad T_i = 0.230T_o + 21.585 \quad (n=64488, r=0.24, p<0.001) \quad (1)$$

$$NV \quad T_i = 0.572T_o + 13.656 \quad (n=24182, r=0.85, p<0.001) \quad (2)$$

n はデータ数、r は相関係数、p は相関係数である。冷房がない住宅(NV)の回帰係数や相関係数は冷房がある住宅より大きい。これは冷房がない住宅では窓開放をして自然換気を行っているためであり、冷房がある住宅では冷房を使用して室温を調節して

いるためと思われる。住宅Bの回帰係数は-0.113であり、これは外気温が高くなるほど設定温度が低くなるためと思われる。回帰式によると、外気温が30℃の時、B邸の予測室温は24.1℃

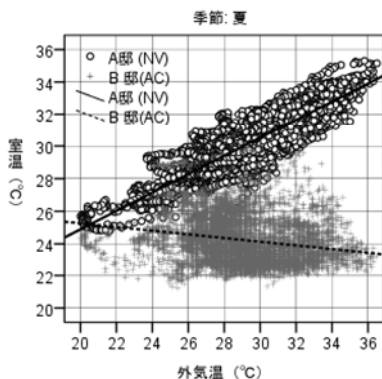


図3 冷房有無における室温と外気温の関係

であるが、他の住宅の予測室温は 28.2℃~31.1℃になっている²⁾。

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 居住者の快適感評価

居住者の熱的快適感評価を行う。冷房のある住宅の平均快適感が「4.少し快適」の前後である住宅がほとんどであり¹⁾、快適感評価は高いと言える。これは暑い時に冷房を使用して室温を調節しているためと思われる。冷房のない住宅ではA邸、D邸の平均快適感が「3.少し不快」の前後であり、冷

房がある住宅より快適感評価が低い。B邸は頻りに冷房しているため、快適感評価が最も高い。

図4にACモード(冷房使用時)とNVモード(自然換気時)における快適感と室温の関係を示す。一時回帰分析から得られた式は下記に示す。

$$AC \quad OC = -0.154T_i + 8.677 \quad (n=601, r=0.29, p<0.001) \quad (3)$$

$$NV \quad OC = -0.199T_i + 9.571 \quad (n=820, r=0.31, p<0.001) \quad (4)$$

OCは快適感である。NVモードの回帰係数や相関係数はACモードより高い。これらの式に室温28℃を代入すると、快適感ACモードで4.4、NVモードで4.0であり、同じ室温に対して両モードの快適感が異なる。

快適感と室温の関係をさらに検討するために、二次回帰分析を行う。得られた回帰式は下記に示す。

$$NV \quad OC = -0.022T_i^2 + 1.093T_i - 9.273 \quad (r=0.33, p_1=0.007, p_2=0.002) \quad (5)$$

p1は0.022に対する有意水準、p2は1.093に対する有意水準である。なお、

ACモードの二次回帰式は有意差がないため示していない。二次式を微分してOC=0を代入すると、最も快適な室温は24.8℃

となる。この温度よりも室温が

上昇や低下すると快適感が徐々に低下している。寒さによる快適感の低下については今後さらに検討する必要がある。

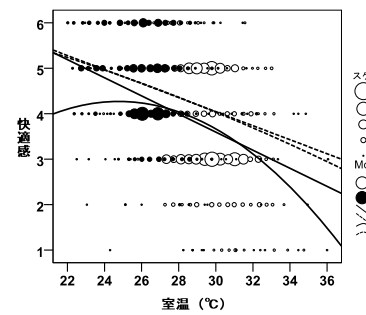


図4 ACとNVモードの快適感と室温

4. まとめ

本研究では、関東地域の住宅を対象に夏季のリビングにおける温熱環境と居住者の快適感の申告調査を行い、下記の結果が得られた。

1. 測定期間中の平均気温は冷房がある住宅が28.1℃、冷房がない住宅が29.9℃であった。昼間に居住者が窓開放を行うため外気の影響を受けやすくなる。
2. 夜間の内外温度差は昼間より大きい。窓開放を行って室内環境を調節すれば、室温を改善できる可能性がある。
3. 冷房のない住宅の室温と外気温に相関があり、外気温が分かれば回帰式を用いて室温を予測できる。
4. 快適感と室温を回帰分析を行った結果、最も快適な室温は24.8℃であり、この温度よりも室温が上昇や低下すると快適感が徐々に低下する。

参考文献

1. 勝野、リジャル：日本建築学会関東支部研究発表会、pp.101-104、2011.3.
2. 長谷川ら：日本建築学会技術報告書第3号、pp.189-192、1996.12
3. リジャルら：日本建築学会計画系論文第557号、pp.41~48、2002.8.

*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.