

岐阜の住宅における熱的快適性に関する実態調査

～その6 快適性の検討～

4.環境工学-10.温熱感

準会員 ○ 松下純規 *1 正会員 H.B.リジャル *2 正会員 中谷岳史 *3

年間 申告 室温
外気温 温冷感 快適感

1. はじめに

人々は常に快適な状態や空間を欲して行動しているといえる。Humphreys&Nicolによると適応とは生理的であり、行動的であり、心理的である。人はある温熱環境に対し、不快に感じるような変化が起こると快適性を取り戻そうと行動する傾向がある¹⁾²⁾。暑いと感じれば窓を開けて風通しをよくなり、寒いと感じれば服をより重ねて着用して暖をとる。また、湿気ていると感じれば窓開閉等を行って湿度を下げる。このように人は自らのいる空間を快適だと感じるように調整をし、適応している。

日本は温暖湿潤気候のため寒暖の差が激しく、年間を通して多様な気候が存在する³⁾。

これまで、室内の熱的快適性に関する調査としては、寝室に限定した温熱環境と快適性に関する研究⁴⁾や、夏季におけるリビングに限定した温熱環境と快適性に関する研究⁵⁾、エアコンの好き嫌い⁶⁾と夏季の温熱快適感⁷⁾等が行われてきた。しかし、いずれも期間が限定されており、年間を通しての研究は殆ど行われていない。そのため、この日本の特徴的な気候に対して、年間を通しての場合の熱的快適感について明らかにする必要がある。

そこで、本研究では岐阜県の住宅を対象に年間を通しての温熱環境の実測と居住者の快適性に関する申告を行い、日本の住宅における熱的快適感について明らかにする。

2. 調査方法

調査対象地域は岐阜県岐阜市近郊であり、平屋もしくは二階建ての住宅である。調査住戸数は30家族で調査人数は78名(男性:40名、女性:38名)で平均年齢は男性40.5才、女性41.3才である。熱的快適感温調査の尺度を表1に示す。温冷感の尺度を図1に示す。

調査は2010年5月13日から2011年5月31日までである。室温、相対湿度はリビングで小型測定機器を用いて、10分間隔に測定した。外気環境のデータは、気象庁の公開データを用いた。観測地点は調査住戸の中心に位置する岐阜県岐阜市を用いた。

表1 熱的快適性の尺度

| 今のこの部屋の暑さ寒さはあなたにとってどの程度快適または深いと感じますか | |
|--------------------------------------|--------|
| 尺度 | 項目 |
| 5 | 快適 |
| 4 | やや不快 |
| 3 | 不快 |
| 2 | 非常に不快 |
| 1 | 耐えられない |

今あなた自身の暑さ寒さはどの程度感じていますか

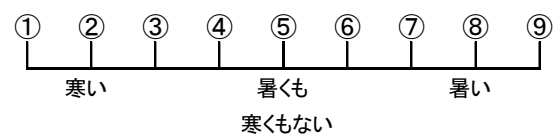


図1 温冷感申告尺度

3. 結果と考察

3.1 熱的快適性の分布

図2に年間を通しての熱的快適性の度数を図で示す。モードとは自然通風方式(以下、NV)、冷房(以下、AC)、暖房(以下、HT)の三種類である。NVは暖房や冷房などの機械空調を用いていない条件である。またACはエアコンによる冷房使用時、HTは暖房もしくはコタツ使用時である。測定数はNVが最も多く約14,000、次いでHTの約5,000、ACの約2,000である。平均値はNVモードで4.3、ACモードで4.2、HTモードで4.3である。

表2に快適性の度数分布表を示す。NVモードでは「5.快適」の回答が最も多く、半数近くの割合を占めている。また「4.やや不快」と「5.快適」の回答を合わせると大半の割合を占めている事になる。よって居住者は居住空間にある程度快適と感じているといえる。ACモード、HTモードでも「4.やや不快」、「5.快適」と回答する割合が多く、両モード共に居住者が居住空間を快適にしようと冷暖房を使用しているため、快適性が高いと申告するのは当然である。また、調査対象の岐阜県では年間を通して

冷暖房を使用せず、自然通風方式の NV モードが多いことが 13,878 と度数から見て取ることができる。以上の理由から熱的快適感の分析に関しては以後、NV モードにのみ注目して分析をする。

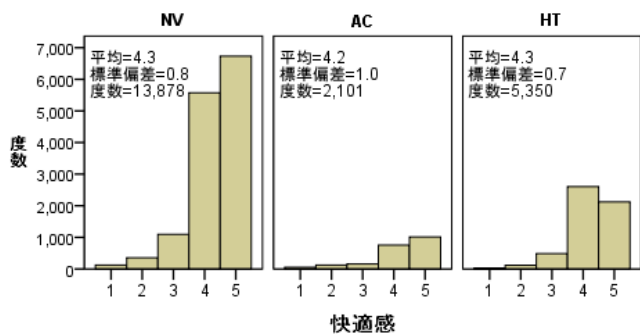


図2 熱的快適感の分布

表2 快適感の度数分布表

| Mode | 尺度 | 度数 | 割合 |
|------|----|------|------|
| NV | 1 | 123 | 0.9 |
| | 2 | 355 | 2.6 |
| | 3 | 1094 | 7.9 |
| | 4 | 5574 | 40.2 |
| | 5 | 6732 | 48.5 |
| AC | 1 | 51 | 2.4 |
| | 2 | 124 | 5.9 |
| | 3 | 159 | 7.6 |
| | 4 | 755 | 35.9 |
| | 5 | 1012 | 48.2 |
| HT | 1 | 18 | 0.3 |
| | 2 | 119 | 2.2 |
| | 3 | 486 | 9.1 |
| | 4 | 2607 | 48.7 |
| | 5 | 2120 | 39.6 |

3.2 快適感と温冷感の関係

温冷感が快適感に与える影響を分析するために、図3に快適感と温冷感の関係を示す。最も多く申告されたのは快適感「5.快適」時の温冷感が「5.暑くも寒くもない」である。人にとって暑くも寒くもない空間が快適な空間だといえる。得られた回帰式は下記に示す。

$$NV \quad OC = -0.211C^2 + 2.108C + 0.624 \quad (1)$$

(n=13,871, R²=0.45, p<0.001)

OCは快適感、Cは温冷感である。この二次式を微分して OC=0を代入すると、最も適切な温冷感は5.0であり、「5.暑くも寒くもない」である。この温冷感よりも申告が暑い、寒いに傾くと快適感が徐々に低下している。また、次に快適といえる「4.やや不快」の範囲は寒い側の③から暑い側の⑦程度である。

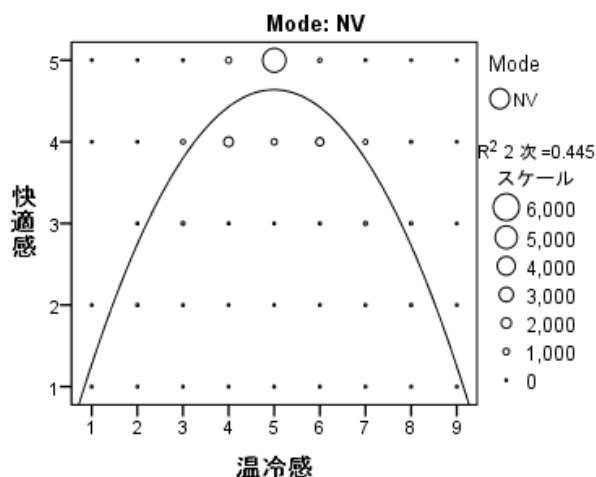


図3 快適感と温冷感の関係

3.3 快適感と室温の関係

居住者の熱的快適感評価を行うために図4に各月ごとの居住者の快適感の平均値と95%の信頼区間を示す。NVモード(自然換気時)における平均快適感の年間を通して、「4.やや不快」の前後である。冷暖房を使用しない状況下では十分に快適感を得られていないといえる。また、月ごとにみると5月、10月は最も快適感評価が高く、1月、8月は最も快適感評価が低いといえる。日本の温暖湿潤気候の特徴が顕著に表れている。

図5に快適感と室温の関係を示す。最も多く申告されたのは快適感「5.快適」である。得られた回帰式は下記に示す。

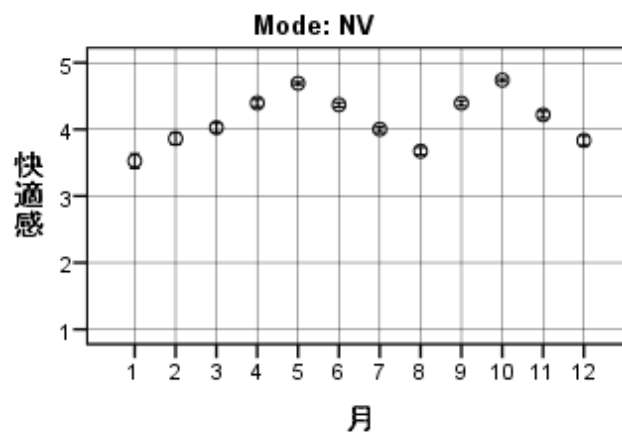


図4 月ごとの居住者の快適感の平均と95%の信頼区間

$$\text{NV } OC = -0.0078T_i^2 + 0.3271T_i + 1.173 \quad (2)$$

(n=13,451, R²=0.18, p<0.001)

OCは快適感、T_iは室温である。この二次式を微分してOC=0を代入すると、最も快適な室温は21.0℃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。また、次に快適といえる「4.やや不快」の範囲は12~30℃程度である。暑さ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。

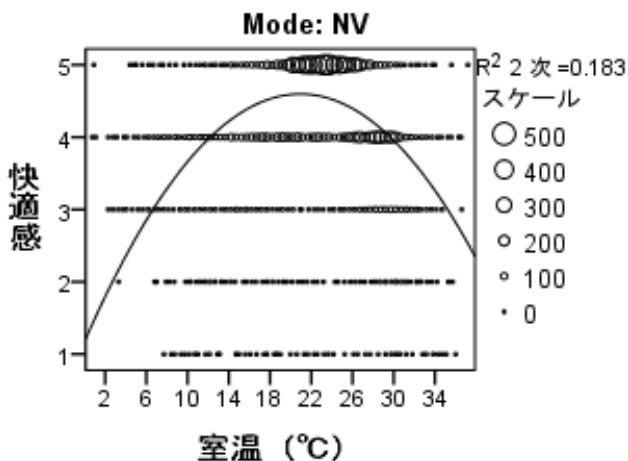


図5 NVモードにおける快適感と室温の関係

3.4 快適感と外気温の関係

外気温が快適感に与える影響を分析するため、図6に快適感と外気温の関係を示す。最も多く申告されたのは快適感「5.快適」である。得られた回帰式は下記に示す。

$$\text{NV } OC = -0.005T_o^2 + 0.180T_o + 3.091 \quad (3)$$

(n=13,684, R²=0.22, p<0.001)

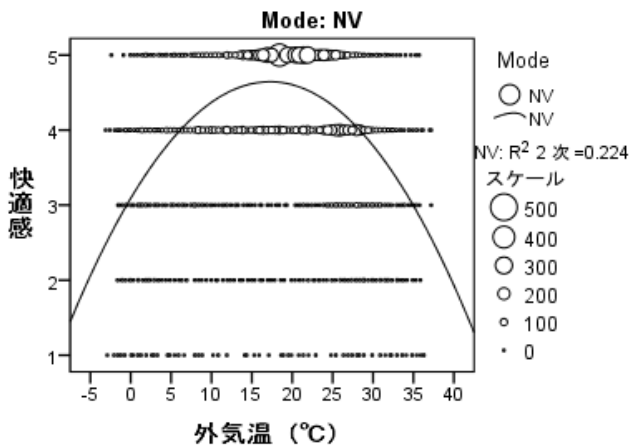


図6 快適感と外気温の関係

OCは快適感、T_oは外気温である。この二次式を微分してOC=0を代入すると、最も快適な外気温は18.0℃となる。この温度よりも外気温が上昇や低下すると快適感が徐々に低下している。また、次に快適といえる「4.やや不快」の範囲は6~28℃程度である。

3.5 快適感と想像室温の関係

図7に快適感と室温の関係を示す。最も多く申告されたのは快適感「5.快適」である。得られた回帰式は下記に示す。

$$\text{NV } OC = -0.009T_c^2 + 0.364T_c + 0.940 \quad (4)$$

(n=13,843, R²=0.24, p<0.001)

OCは快適感、T_cは室温である。この二次回帰式はこの二次式を微分してOC=0を代入すると、最も快適な想像室温は20.2℃と快適感と室温の関係時(21.0℃)より低い温度を示した。この温度よりも想像室温が上昇や低下すると快適感が徐々に低下している。また、次に快適といえる「4.やや不快」の範囲は13~29℃程度であり、快適感と室温の関係時(12~30℃)とほぼ同等の温度になっている。

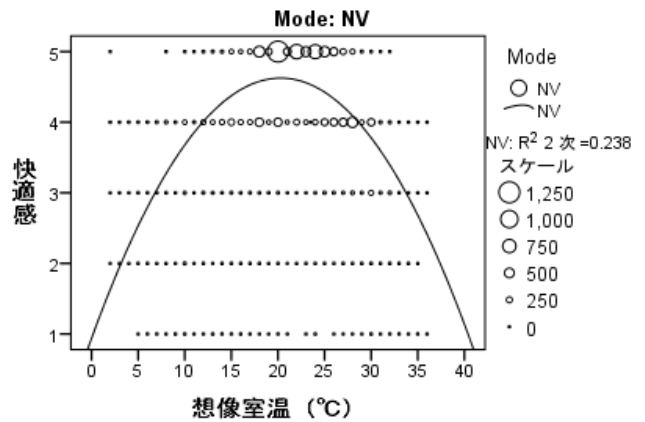


図7 快適感と想像室温の関係

3.6 快適感と想像外気温

外気温が快適感に与える影響を分析するため、図8に快適感と想像外気温の関係を示す。最も多く申告されたのは快適感「5.快適」である。得られた回帰式は下記に示す。

$$\text{NV } OC = -0.006T_{oc}^2 + 0.202T_{oc} + 2.832 \quad (5)$$

(n=13,800, R²=0.23, p<0.001)

OCは快適感、T_{oc}は想像外気温である。この二次式を微分してOC=0を代入すると、最も快適な想像外気温は16.8℃と快適感と外気温の関係時(18.0℃)より低い温度

を示した。この温度よりも想像外気温が上昇や低下すると快適感が徐々に低下している。また、次に快適といえる「やや不快」の範囲は7~28℃程度であり、快適感と外気温の関係時（6~28℃）とほぼ同等の温度になっている。

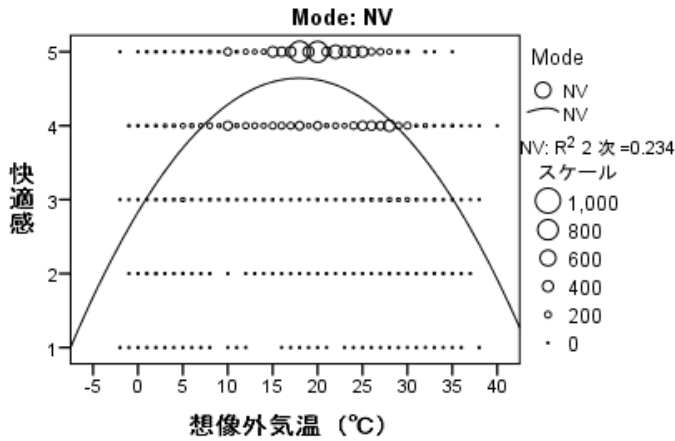


図8 快適感と外気温の関係

4. まとめ

本研究では、岐阜の住宅を対象にこの地域における人々の快適感や温冷感、室温、外気温等の申告調査を行い、下記の結果が得られた。

1. NV モードが年間を通して多くの割合を占めている。さらに、NV モードであっても居住者はそれぞれの居住空間にある程度、快適であると感じている。
2. 快適感と温冷感の関係から、人にとって暑くも寒くもない空間が快適な空間である。
3. NV モードにおいて、冷暖房を使用しない状況下では年間を通して十分に快適感を得ることが出来ない。
4. NV モードにおいて、5月、10月は最も快適な月であり、1月、8月は最も不快な月である。これは日本の温暖湿潤気候の特徴が顕著に表れているといえる。
5. NV モードにおいて、快適感と室温に関して分析した結果、21.0℃の時に居住者の快適感評価が最も高くなる。
6. NV モードにおいて、快適感と外気温に関して分析した結果、18.0℃の時に居住者の快適感評価が最も高くなる。
7. NV モードにおいて、快適だと感じる室温と外気温には3.0℃の差があり、居住者は居住空間に外気温より高い温度を求める。
8. NV モードにおいて、快適感と想像室温に関して分析した結果、最も快適な想像室温は20.2℃と、快適感と室温の関係時（21.0℃）とほぼ同等の温度である。
9. NV モードにおいて、快適感と想像外気温に関して分析した結果、最も快適な想像外気温は16.8℃と快適感と外気温の関係時（18.0℃）とほぼ同等の温度であ

る。

謝辞

実測調査には丸平建設株式会社の林重元氏に多大なご協力を頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

1. Humphreys M.A. and Nicol J.F. (1998) Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort, *ASHRAE Transactions 104(1)*, pp. 991-1004
2. リジャル H.B、梅宮典子訳：適応を考慮した熱的快適性の原理 (M.A. Humphreys)、*空気調和・衛生工学会 第83巻 第6号*、pp.413-419、2009.6.
3. 梅田真衣、リジャル.H.B：夏と秋における住宅の好まれる温度に関する研究、*日本建築学会関東支部研究報告集*、pp.117~120、2011.3
4. 小澤真之、リジャル H.B.：寝室における温熱環境と快適性に関する研究、*日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)*、D-2、pp. 383-384、2011.8.
5. 勝野二郎、リジャル H.B.：夏季におけるリビングの温熱環境と快適感に関する研究、*日本建築学会関東支部研究報告集*、pp.101~104、2011.3
6. 片桐えり、明石幸一郎、宮崎賢一、星野佳子、岩崎俊哉、西内正人、宿谷昌則：エアコンの好き嫌いとお夏の温熱快適感(放射冷房・エクセルギー、*環境工学II*)、*学術講演梗概集*、D-2、pp. 623-624、2006.7.
7. Griffiths ID. *Thermal comfort in buildings with passive solar features: field studies*. Report to the Commission of the European Communities. EN3S-090 UK: University of Surrey Guildford; 1990.
8. F Nicol, GN jamy, O sykes, M Humphreys, S Roaf, M Hancock: *A survey of Thermal Comfort in Pakistan toward New Indoor Temperature Standards*, Oxford Brookes University, School of Architecture, 1944.7.
9. Rijal H.B., Tuohy P., Humphreys M.A., Nicol J.F., Samuel A., Raja I.A. and Clarke J. (2008), Development of adaptive algorithms for the operation of windows, fans and doors to predict thermal comfort and energy use in Pakistan buildings, *ASHRAE Transactions 114(2)*, pp. 555-573.

*1 東京都市大学環境情報学部 学部生

*2 東京都市大学環境情報学部 講師・博士 (工学)

*3 岐阜工業高等専門学校 講師・修士 (工学)