

## 岐阜県の住宅における熱的快適性に関する実態調査

## その10 室内外の温度差感の研究

4.環境工学-10.温熱感

準会員 ○ 本田諒佑\*1 正会員 H.B.リジナル\*2 正会員 中谷岳史\*3

住宅 内外想像 内外温度差  
想像温度 気温 ロジスティック回帰

## 1. はじめに

人間には温熱感覚があり、時々刻々と暑さ寒さを感じる。この温熱感覚があることによって、人は衣服の着脱を試みたり、エアコンなどの冷暖房機器を使用したり、窓の開閉を行ったりするのである。

人間の身体は、脳内の深部温度を適切な温度にするように、例えば筋肉を動かしたり、血流を制御したり、発汗を調整したりして、これらの活動を自律神経で調整している。しかし、本来の自然環境では急激な温度変化は頻繁には起きないが、夏場に冷房の使用超過となると屋外から室内への移動などでそれが起きるといわれている。これは人間の身体にとって想定外の事態であり、無理に対応しようとする自律神経の作用全体の調子が狂うのである。それによって、様々な症状が出ると言われており、室内外の温度差を大きくしない方が良いといわれている<sup>1)</sup>。

このように温熱感覚は重要なことであるため、居住者の温熱感覚は実際の温度と比べて、どの程度の差が表れるのかについて明らかにする。特に、本研究では居住者の室内と屋外の気温の想像について明らかにした後で内外温度差と関連づけながら明らかにする。

## 2. 調査方法

調査対象は岐阜県の住宅を対象とした。調査期間は2010年の5月13日から2011年の5月30日までの約1年である。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。室温は小型測定機器を用いて10分間隔で測定した。測定機器は居住者の邪魔にならないように設置し、想像温度の申告は1日に数回行ってもらった。居住者には、測定機器に表示される気温を見ずに申告をしてもらった。得られた申告数は約21000である。調査人数は69人(男性34人女性35人)である。

本研究では、室内と室外でどちらが暑いですかと居住者に申告して頂いた(表1)。

表1 内外想像申告の尺度

今の室内と屋外の状況を想像してください。		
室内と屋外のどちらが暑いですか。	0. 屋外	1. 室内

## 3. 分析方法

本研究では想像温度と内外温度差の関係を分析するために、ロジスティック回帰分析を行った。

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = bT + c \quad (1)$$

$$p = \frac{e^{bT+c}}{1+e^{bT+c}} \quad (2)$$

$P$ : 室内を暑く想像する割合、 $b$ : 回帰係数  
 $T$ : 内外温度差(K)、 $c$ : 定数、 $e$ : 指数関数

## 4. 結果と考察

## 4.1 申告中の外気温・室温の分布

この節では自然換気をしている場合(NVモード)、エアコンなどで冷房を使用している場合(ACモード)、また暖房を使用している場合(HTモード)に分けて分析する。ACモードの申告が他のモードと比べると少ないが、これは岐阜という寒い地域の気候によるものと思われる。室内外の温度差を分析するために、表2に外気温の分布、図1に室温の分布をモード別に示す。

平均外気温はNVモードで18.8°C、ACモードで28.9°C、HTモードで6.6°Cである。NVモードとACモードの差は10°Cである。NVモードとHTモードの差は約12°Cである。ACモードとHTモードの差は約22°Cである。標準偏差は、NVモードで7.6°C、ACモードで2.9°C、HTモードで5.1°Cである。平均室温はNVモードで22.6°C、ACモードで28.0°C、HTモードで17.8°Cである。NVモードとACモードの差は約5°C、NVモードとHTモードの差も約5°C、

ACモードとHTモードの差に関しては10℃である。標準偏差はNVモードで5.5℃、ACモードで2.0℃、HTモードで4.4℃である。

表2 外気温の分布

Mode	度数	外気温 (℃)			
		最小	最大	平均	標準偏差
NV	13,745	-3.1	37.2	18.8	7.6
AC	2,047	5.3	36.9	28.9	2.9
HT	5,330	-3.1	34.7	6.6	5.1

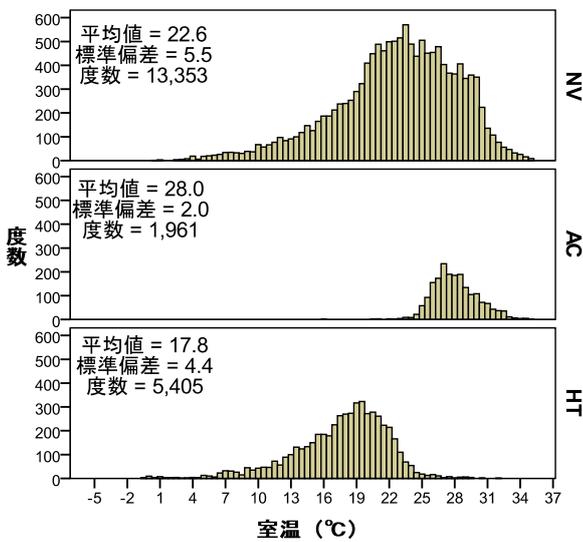


図1 各モードにおける室温の分布

#### 4.2 室内外の想像

この節では居住者が室内にいる時、月ごとにどのように室内外の想像をしているか明らかにする。また、内外の想像を証明するために、窓の開閉やNVモード、ACモード、HTモードで検討を行う。

図2に居住者が月ごとにどのように感じるかについて居住者全体の申告の室内外の想像の平均値と95%の信頼区間を示す。ほとんどの居住者が各月とも室内の方が暑いと想像しているが、例えば、7月を見ると約半分の居住者が屋外の方が暑いと想像し、8月に至っては約7割の居住者が屋外の方が暑いと想像している。気象データによると2010年の8月の岐阜の平均気温が28℃前後であるため、この程度の気温になると居住者も屋外の方が暑いという想像が多くなる。

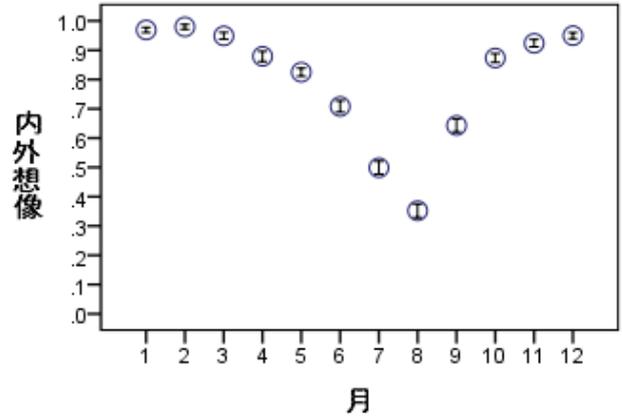


図2 各月における内外の想像

図3に各季節の窓の開閉の申告を加えて居住者全体の室内外の想像の平均値の95%の信頼区間を示す。窓を開けている時と閉めている時では夏場の申告は窓を開けている時の方が屋外の方が暑いと想像する居住者が多い。つまり、夏場は窓を閉めて、冷房を使用しているといえる。それとは反対に冬場では、わずかな差ではあるが、窓を開けている時の方が閉めている時より屋外の方が暑いと想像する居住者がいることがわかる。図4に各月・モードごとの居住者全体の室内外の想像の平均値の95%の信頼区間を示す。NVモードではほぼ図2のような形になっているが、ACモードでは主に夏場にのみ申告があり、特に7・8月は冷房を使用しているため、屋外の方が暑いと想像する人の方が多。HTモードの時は、基本的に室内の方が暑いと想像する居住者が多い。

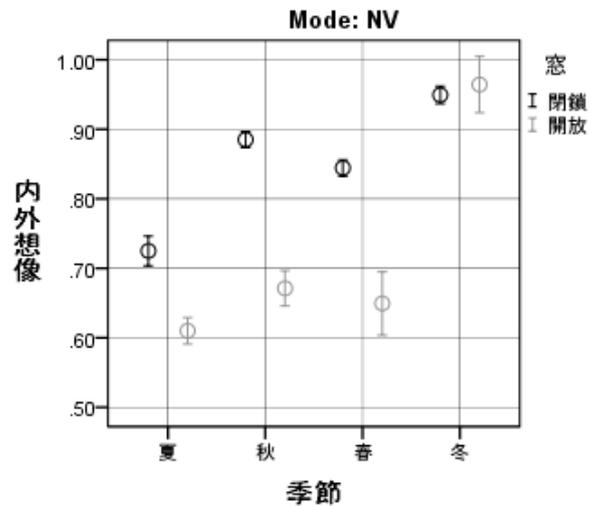


図3 各季節の窓の開閉による内外想像

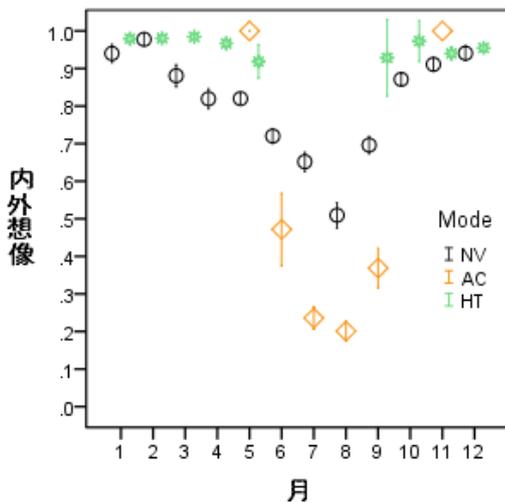


図4 月・モード別の内外想像

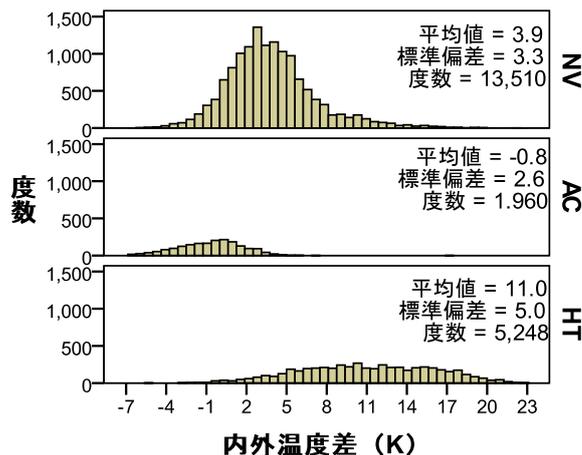


図5 内外温度差の分布

### 4.3 内外温度差と内外想像の関係

この節では内外温度差と内外想像の関係について検討する。図5に内外温度差の分布を示す。NVモードは約0K~5Kの差があるとき、申告者が差を感じている。ACモードは申告数が他に比べ少ないが±5Kの差があるとき申告している。HTモードは約2~3Kから約20Kまで幅広く申告がされている。NVモードの平均値は約3.9Kで、NVモードは実際の温度よりもわずかだが暑いと申告している。ACモードの平均値は約-0.8Kで、NVモードと比べると約4Kの差があり、実際の温度とほぼ同程度である。HTモードの平均値は約11Kで、HTモードは他のモードと比べると平均値が最も高く、ACモードと比べると約12Kの差がある。図6にNV時の各月の想像温度と実際の温度の比較について示す。この図では外気温と想像外気温の関係、室温と想像室温の関係について明らかにする。表3に外気温と想像外気温、室温と想像室温の相関係数を示す。まず外気温と想像外気温では夏場では有意な差がみられないが、冬場では若干の差がある。その中で特に差があるのが、1・3・11月で約2℃の差がある。次に室温と想像室温をみると、冬場では有意な差はみられないが、夏場では若干の差があり、外気温の方とは逆の結果になっている。その中でも特に差があるのが5・6・7月である。8月にはそこまでの差がない。

表3 外気温と想像外気温、室温と想像室温の相関係数

Mode	項目	$T_o \cdot T_{oc}$	$T_r \cdot T_{ic}$
NV	r	0.91	0.86
	p	<0.001	<0.001
	n	13,662	13,470

$T_i$ : 室温  $T_{ic}$ : 想像室温  $T_o$ : 外気温  $T_{oc}$ : 想像外気温 r: 相関係数 p: 有意水準 n: サンプル数

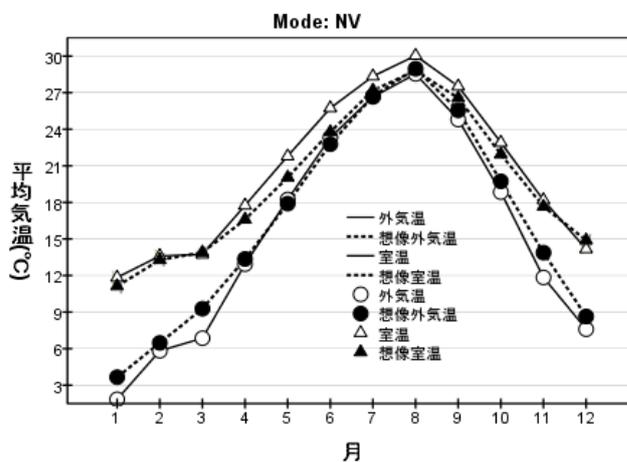


図6 NV時における各月の想像温度と実際の温度の比較

図7に各モードの内外温度差と室内を暑く想像する割合の関係を示す。図7の回帰線はロジスティック分析から得られた結果である。図のプロットは1K刻みに平均した値であり、サンプル数が10以下のものは表示していない。ロジスティック回帰により得られた式は以下に示す。

$$\text{NV} \quad \text{logit}(p) = 0.4\Delta t + 0.155 \quad (n=13351, R^2=0.15, p<0.001) \quad (3)$$

$$\text{AC} \quad \text{logit}(p) = 0.192\Delta t - 1.0 \quad (n=1925, R^2=0.04, p<0.001) \quad (4)$$

$$\text{HT} \quad \text{logit}(p) = 0.033\Delta t + 3.054 \quad (n=5220, R^2=0.001, p=0.036) \quad (5)$$

$\Delta t$ : 内外温度差(K)、 $n$ : サンプル数

$R^2$ : Cox and Snell の決定係数、 $p$ : 有意水準

NVモードでは、内外温度差が例えば2Kの時、約7割の申告者が室内の方が暑いと想像している。内外温度差がない時、約5割の申告者が室内の方が暑いと申告している。つまり、人の温熱感覚は正常に機能している人は約半分であるといえる。内外温度差が-2K~14Kの間では回帰線とプロットのずれがあまりないが、14Kを超えるとプロットにずれが生じている。内外温度差3Kの場合、約8割の申告者が室内の方が暑いと感じる。

ACモードでは、内外温度差がない時、2割の申告者しか室内の方が暑いと想像していないので、人はACモード時で内外温度差がない時、室温を屋外よりも涼しいと思えるまで下げて生活している。ACモード時では、2Kの内外温度差があると、プロットにずれが生じている。内外温度差が6Kになってもまだ、5割の申告者しか室内の方が暑いと感じない。

HTモードはHTモードでは内外温度差があってもなくても、常に9割以上の申告者が室内の方が暑いと想像していることから、HTモード時、室内の方が暑いと思える温度まで上げて生活をしている。温度差があってもなくても常に室内の方が暑いと想像しているためプロットにもあまりずれが生じない。

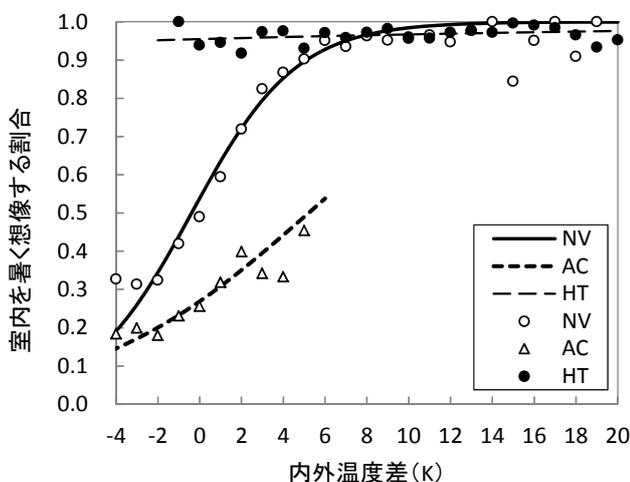


図7 各モードの内外温度差と内外想像

## 5. まとめ

本研究では、岐阜県の住宅を対象に想像温度に関する温熱環境と熱的主観申告調査の調査を行い、下記の結果が得られた。

1. 人の温熱感覚はそれほどずれてはいない。しかし、ずれる際の内外温度差の平均は、約+4Kである。
2. 地球温暖化が問題な今、夏場であっても約3割の居住者が室内の方が暖かいと申告している。つまり、夏でも冷房を使っていない人がいる。
3. 外気温が28℃くらいになると室内より屋外の方が暖

かいと感じる居住者が多い。

4. 人間は室内と屋外の温度差があまりなくなると室内の方が暑いと感じる。
5. 窓の開閉時の夏場の申告は窓を開けている時の方が屋外の方が暑いと申告する居住者が多い。つまり、冷房を使用して室内温度を調節しているといえる。
6. NVモード時の人の温熱感覚が正常に機能している人は約半分である。
7. ACモード時は、内外温度差が6Kになってもまだ、5割の申告者しか室内の方が暑いと感じない。
8. HTモードの時は、温度差があってもなくても常に室内の方が暑いと想像しているため、室内の方が暑いと思える温度まで上げて生活をしている。

## 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。記して謝意を示す。

## 参考文献

1. 輿水 ヒカル, 高橋 美加, 栃原 裕: 冷房時の室内外の温度差と滞在時間が人体生理心理反応に及ぼす影響: その2. 二室間移動の自律神経系への影響, 日本建築学会大会芸術講演梗概集, pp.393~394, 1997
2. 小澤真之, リジャル H.B.: 夏季における寝室の温熱環境と温冷感に関する研究, 日本建築学会関東支部研究発表会, pp. 105-108, 2011
3. 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発表会, pp. 101-104, 2011
4. 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
5. 斉藤雅也: ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究, 夏季の札幌における大学研究室を事例として, 環境系論文集, 第646号 PP.1299~1306, 2009
6. 斉藤雅也: ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究: その4.冬季札幌の戸建住宅における被験者実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) pp.31~32, 2010
7. 斉藤雅也, 楠美静香, 成田梓, 山田愛: ヒトの視的・温熱的快適性と環境調整行動に関する研究, 日本建築学会北海道支部, 研究報告集, No.83, pp.263~266, 2010

\*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)