

## 夏と秋における住宅の想像温度と想像快適性に関する研究

4.環境工学-10.温熱感

準会員 ○ 酒井匠<sup>\*1</sup>正会員 H.B.リジャル<sup>\*2</sup>

住宅 リビング 室温

温冷感 想像温度 想像快適温度

## 1. はじめに

人々は室内環境を様々な想像しながら暮らしている。想像の一つに「今何℃か」という想像温度がある。即ち、自分の体をセンサーにし、室温を予想することを想像温度という。

人々は不快に感じたら、快適さを求めて室内環境を調節する。冷房設備はその中の一つである。環境問題やエネルギー問題が深刻化している現代では、冷房設備への依存を減らすために建築には様々な工夫がみられる。例えば、断熱・日射遮蔽・通風などである。

室内温度を暑く感じれば室内を冷やしたりする。暑いと感じたとき、室内に温度計がなくても人々は自分の体をセンサーとし想像温度を基に冷房の温度設定を行うと予測される。また、実際の室温より低い想像温度を感じ取ることができれば、エネルギー削減に繋がると考えられる。例えば、室温が 30℃ のとき居住者が 28℃ と想像したら、2℃ 室温を下げるのに必要なエネルギーを節約できる。

これまでは想像温度と環境調整行動に関する研究<sup>1)</sup>や快適・不快に感じる温度の地域性に関する研究<sup>2)</sup>、住まい方が住まい手の心理と生理に与える影響に関する研究<sup>3)</sup>などが行われてきた。しかし、想像温度に関する研究の事例は全体的に少なく、データの蓄積を行う必要がある。特に、住宅を対象とした研究が少なく、関東地域では皆無である。

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実測と居住者の想像温度の調査を行い、想像温度と実際の室温の関係や両者の差について明らかにする。また、想像温度と温冷感より快適想像温度についても明らかにする。

## 2. 調査方法

調査には関東地方の住宅 11 軒を対象とした。調査期間は 2010 年 7 月 6 日～10 月 11 日の計 13 週間である。温熱環境の測定は小型温湿度計を用いて 10 分間隔で計測した。測定高さは床上約 110cm である。測定機器は居住者の邪魔にならない場所に設置した。居住者のリビングの想像温度は 1 日数回記入した。なお、測定機器に気温が表示されるが、見えないように隠した。また、居住者

にも測定値を見ずに室温を予想すること、通常の日常生活（体が十分に安静した状態であるとき）で行ってもらうことを依頼した。想像温度は居住者 29 人（男性：15 人、女性：14 人）が申告表の「今、気温を何度（℃）だと思いますか？」に記入したものである。冷房使用の調査は 1 日に何回かバイナリ形式（0=オフ、1=オン）で記録した。温冷感には 7 段階尺度を用いた。

表 1 温冷感の尺度と項目

今、気温をどのように感じていますか？

尺度	項目
1	寒い
2	涼しい
3	やや涼しい
4	どちらでもない
5	やや暖かい
6	暖かい
7	暑い

## 3. 結果と考察

## 3.1 想像温度と実際の室温の実態

この節では、夏と秋における住宅のリビングにおける室温と想像温度がどのように分布しているかを明らかにする。図 1 に申告中の実際の室温の分布を示す。データは自然換気モード（NV）と冷房モード（AC）に分類した。なお、AC モードにはドライモードも含めた。

平均室温は NV モードで 28.4℃、AC モードで 26.3℃ であり、両モードの差は約 2℃ である。NV モードにおける室温の標準偏差は 2.8℃ でデータの変動は大きく、AC モードの室温の標準偏差は 1.9℃ でデータの変動は小さい。そのため NV モードの室温の方がばらついている。NV モードの室温の度数が 28~31℃ に多かったのは、真夏日が続き、室温が高かったためである。AC モードの室温が 26~28℃ に集中しているのは、居住者が冷房を使用して室温を調節しているためである。

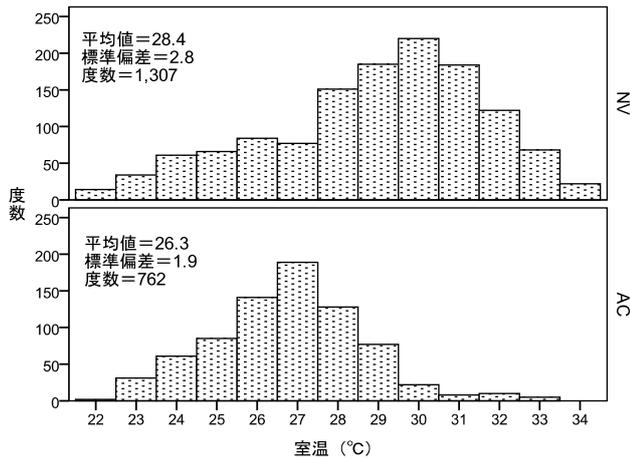


図1 申告中の室温の分布

図2に室内想像温度の分布を示す。平均想像温度はNVモードで27.4°C、ACモードで26.1°Cであり、両モードの差は約1°Cである。猛暑日が続いたが、NVモードの平均想像温度が27.4°Cであったのは意外である。

標準偏差はNVモードで2.9°C、ACモードで1.8°Cであり、標準偏差も平均値同様に両モードの差は約1°Cである。また、申告中の室温同様に、NVモードのデータの変動が大きくばらついている。

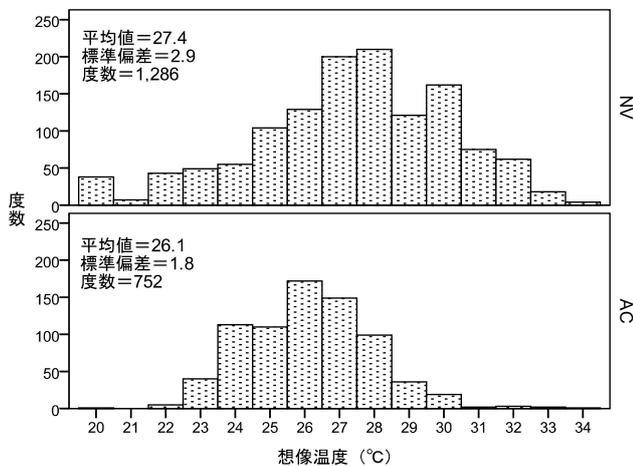


図2 想像温度の分布

想像温度と室温のモード別に平均値を比較してみると、NVモードは想像温度の平均値の方が1°C低くなっており、ACモードでは想像温度の方が0.2°C低くなっている(図1と2)。また、標準偏差はNVモードでは室温で2.8°C、想像温度で2.9°Cと共に大きくばらついている、ACモードでは室温で1.9°C、想像温度で1.8°CとNVモードに比べて共に小さくばらついている。このように、室温と想像温度のモードごとのデータのばらつきは似ている。

表2 各住宅の室温、想像温度、冷房使用の割合

地域	住宅名	冷房有無	度数	室温(°C)		想像温度(°C)		差(K)		冷房使用の割合※	
				平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
東京	A※	無	34	29.6	3.0	29.0	4.4	-0.6	1.4	0.03	0.17
	B	有	277	24.2	1.2	24.1	1.2	-0.1	0.0	0.80	0.40
	C	有	155	27.3	2.8	25.9	4.0	-1.5	1.2	0.14	0.35
横浜	D	無	78	29.3	2.6	28.3	2.6	-1.0	0.0	0.00	0.00
	E	有	188	27.3	2.5	27.4	2.8	0.1	0.3	0.27	0.44
	F	無	397	29.8	1.6	28.0	2.1	-1.8	0.5	0.00	0.00
	G	有	52	29.6	2.5	26.6	2.1	-3.0	-0.3	0.15	0.36
	H	有	186	27.3	1.5	27.6	1.5	0.3	0.0	0.30	0.46
	I	有	523	27.1	2.4	26.9	2.4	-0.2	0.0	0.44	0.50
三浦	J	有	145	27.8	2.7	27.1	1.7	-0.7	-0.9	0.50	0.50
	K	有	74	28.2	2.3	27.5	1.8	-0.6	-0.5	0.26	0.44

SD:標準偏差

※隣の部屋にあるが、リビングにはない

表2に各住宅の室温、想像温度、冷房使用の割合を示す。各住宅の平均室温は冷房の有無でばらついている。冷房無しの住宅のリビングは、平均室温が地域に関係なく29°C以上となっている。平均想像温度も28°C以上となっている。冷房有りの住宅のリビングは、冷房使用の割合が8割を超えている住宅Bを除き、平均室温は地域に関係なく27.1°C以上となっている。平均想像温度は25.9°C以上となっている。

### 3.2 想像温度と実際の室温の差

この節では、想像温度と室温の差から、室温を基準に考えたときの人の想像した温度がどの程度ばらついているかを明らかにする。図3に想像温度と室温の差を示す。

想像温度と室温の差はNVモードで-1.0K、ACモードで-0.2Kである。NVモードよりACモードの差が小さいのは、設定温度からある程度室温を予測しているためだと思われる。このことから想像温度は室温より低く予測していることがわかる。標準偏差はNVモードで2.0K、ACモードで1.7Kであり、両モードのばらつきに大きな違いはない。

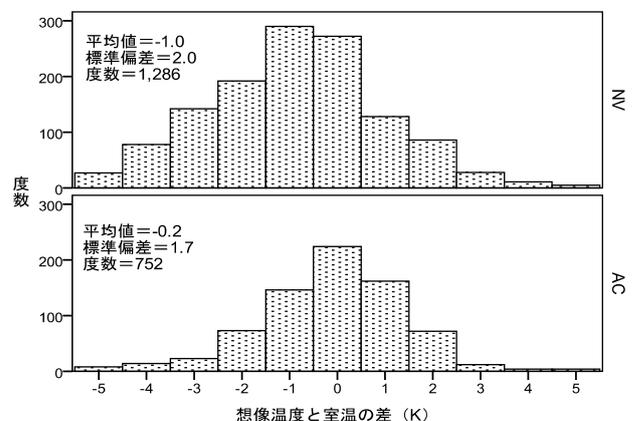


図3 想像温度と室温の差の度数分布

冷房の有無に関わらず、想像温度より室温の方が高くなっている住宅もあるが、低くなっている住宅もある(表2)。また、平均想像温度と平均室温の差が小さい住宅 E と H は、0.1K、0.3K と非常に小さい差となっている。住宅ごとの室温と想像温度の標準偏差の差は、冷房無しで 0.5K (住宅 A を除く)、冷房有りの住宅で 0.3~1.2K となっている。

冷房使用の割合が 10~20%の住宅 C と G は、平均室温と平均想像温度に 1℃以上の差がみられる。冷房使用の割合が 30~50%の住宅 E と H~K は、平均室温と平均想像温度の差が 1℃以内に差が納まっている。冷房使用の割合が 80%を超えると、ほぼ冷房を使用している状態であるため、違いがほとんどみられない。

### 3.3 想像温度から実際の室温を予測

この節では、想像温度から室温を予測するために、想像温度と室温の関係を分析する。図4にNVモードとACモードの想像温度と室温を示す。また、図中には回帰線と95%信頼区間の線を示す。得られた回帰式は下記に示す。

$$NV : T_i = 0.729T_{ic} + 8.405 \quad (n=1286, r=0.76, p<0.001) \quad (1)$$

$$AC : T_i = 0.621T_{ic} + 10.097 \quad (n=752, r=0.59, p<0.001) \quad (2)$$

$T_i$ : 室温 (℃)、 $T_{ic}$ : 想像温度 (℃)、 $n$ : サンプル数、 $r$ : 相関係数、 $p$ : 有意水準である。

NVモードの回帰係数や相関係数はACモードより高くなっている。これらの回帰式を用いると、NVモードの想像温度が 28℃のとき、室温が 28.8℃となる。ACモードの想像温度が 26℃のとき、室温は 26.2℃となる。

これらのことから、想像温度から室温を予測するとき、冷房の設定温度を基準に考えている想像温度よりも、身体感覚を頼りに室温を想像した方がより正確に室温を予測できると言える。

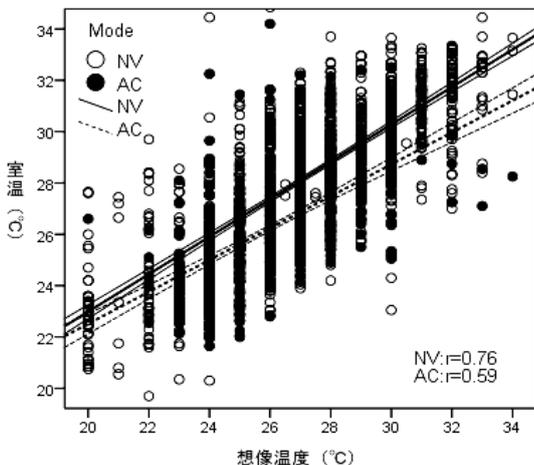


図4 NV・ACモードにおける想像温度と室温の関係

### 3.4 温冷感

この節では、想像温度における温冷感の分布、想像温度と室温・外気温・温冷感の相関関係を明らかにする。図5に温冷感の分布を示す。

平均温冷感はNVモードで4.6、ACモードで3.7である。両モードの差は約1であり、NVモードの方が高い。

温冷感の標準偏差はNVモードで1.4、ACモードで1.1であり、データのばらつきに大きな差はない。

NVモードでは「やや涼しい」、「やや暖かい」、「暑い」と感じる申告数がほぼ同じである。ACモードでは「やや涼しい」、「涼しい」と感じている申告数が多く、「やや暖かい~暑い」の申告数が少ないのは、冷房で室温を調節しているためである。

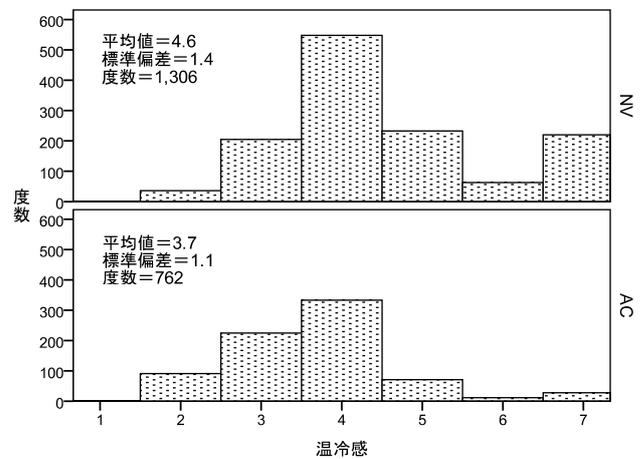


図5 温冷感の分布

表3に想像温度と室温や外気温や温冷感の相関係数を示す。想像温度と室温の相関係数は、NVモードで0.76、ACモードで0.59である。想像温度と外気温の相関係数は、NVモードで0.70、ACモードで0.11である。想像温度と温冷感の相関係数は、NVモードで0.67、ACモードで0.52である。3つの相関係数はNVモードの方がACモードより高くなっている。

表3 想像温度と室温・外気温・温冷感の相関係数

Mode	項目	$T_{ic}:T_i$	$T_{ic}:T_o$	$T_{ic}:C$
NV	r	0.76	0.70	0.67
	p	<0.001	<0.001	<0.001
	n	1286	1285	1285
AC	r	0.59	0.11	0.52
	p	<0.001	<0.003	<0.001
	n	752	752	752

$T_{ic}$ : 想像温度 (℃)、 $T_i$ : 室温 (℃)、 $T_o$ : 外気温 (℃)、 $C$ : 温冷感  
r: 相関係数、p: 有意水準、n: サンプル数

### 3.5 想像温度と温冷感の関係

この節では、想像快適温度を明らかにするために、想像温度と温冷感を分析する。図5はNVとACモードの想像温度と温冷感を示す。また、図中には回帰線と95%信頼区間の線を示す。得られた回帰式は下記に示す。

$$NV : C = 0.311T_{ic} - 3.955 \quad (n=1285, r=0.67, p<0.001) \quad (3)$$

$$AC : C = 0.311T_{ic} - 4.427 \quad (n=752, r=0.52, p<0.001) \quad (4)$$

C : 温冷感、 $T_{ic}$  : 想像温度 (°C)、n : サンプル数、r : 相関係数、p : 有意水準である。

NVモードの相関係数はACモードより高いが、回帰係数はどちらも同じであるため、NVとACモードの回帰直線は平行である。

最も快適な想像温度は、NVモードで25.6°C、ACモードで27.1°Cである。また、その他の尺度の想像快適温度を表4に示す。

快適温度がNVモードよりACモードの方が高いのは、冷房で室温が涼しく感じたためと考えられる。ACとNVモードの想像快適温度は平均室温よりそれぞれ0.8°Cと2.8°C低い。NVモードの差の方が大きいので、居住者はリビングの室温を不快に感じていると思われる。

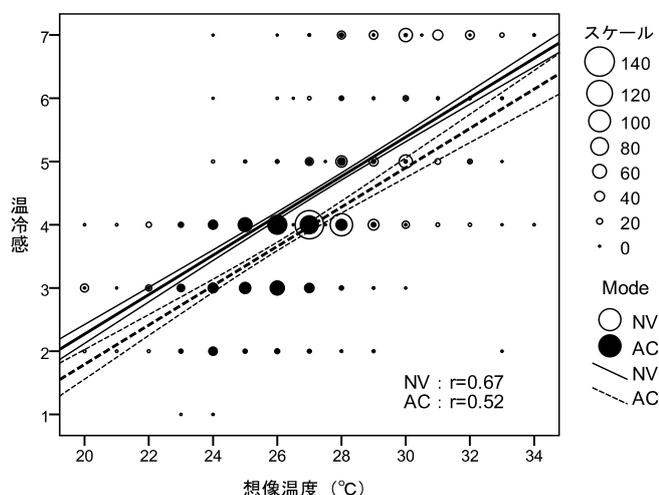


図5 NV・ACモードにおける温冷感と想像温度の関係

表4 NV・ACモードの尺度ごとの想像快適温度

尺度	項目	想像快適温度(°C)	
		NVモード	ACモード
1	寒い	15.9	17.5
2	涼しい	19.1	20.7
3	やや涼しい	22.4	23.9
4	どちらでもない	25.6	27.1
5	やや暖かい	28.8	30.3
6	暖かい	32.0	33.5
7	暑い	35.2	36.7

### 4. まとめ

本研究では夏と秋の関東地域における住宅のリビングにおける居住者の想像温度の調査を行い、以下のことを明らかにした。

1. 想像温度と室温のモード別平均値は、NVモードで1°C、ACモードで0.2°Cであり、想像温度の方が室温より低い。また、標準偏差はモード別のばらつきは似ている。
2. 冷房使用割合が30~50%の住宅は、平均想像温度と平均室温の差が1°C以内に納まっているため、冷房をうまく利用し、差を小さく感じながら暮らしている。
3. 想像温度と室温の相関係数は、NVモードでr=0.76、ACモードでr=0.59であり、NVモードの方がより正確な室温を予測している。また、冷房の設定温度を基準にするより、身体感覚を頼りに室温を想像した方が正確である。
4. ACモードでは、温冷感の尺度で4以下に申告数が多いのは、冷房で室温を調節しているためだが、同時にそれは正しい室温に設定できていないことにもなる。
5. 快適な想像温度は、NVモードで25.6°C、ACモードで27.1°Cであり、平均室温よりNVモードは2.8°C、ACモードは0.8°C低い。平均室温より約3°C差があるNVモードでは、不快に感じていることがわかった。

### 謝辞

実測調査と申告調査に居住者の方々に多大なご協力を頂いた。また、データ入力に同僚の梅田真衣、小澤真之、勝野二郎、重野悠、田屋博貴、西村美沙紀、細川陽平、室本真紀、吉村咲希と和田拓記にご協力して頂いた。記して謝意を表す。

### 参考文献

1. 齊藤雅也：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～、日本建築学会環境系論文集、pp. 1299-1306、2009. 12.
2. 成田梓、齊藤雅也：ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究その4、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 31-32、2010. 9.
3. 町口賢宏、齊藤雅也、辻原万規彦：ヒトが快適・不快に感じる温度の地域性に関する研究～夏季の札幌・熊本の小学児童を対象にして～、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 35-36、2010. 9.
4. 松岡弘幸、齊藤雅也、宿谷昌則：夏季の住まい方が住まい手の心理と生理に与える影響に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 497-498、2000. 9.
5. 齊藤雅也：ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する考察～想像温度と想像MRI～、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 501-502、2007. 8.
6. H. B. リジャル、吉田治典、梅宮典子：ネパール人の夏季における快適温度とその地域差、日本建築学会近畿支部 研究報告集、pp. 381-384、2002. 5.

\*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)