

## 住宅の想像温度と想像快適温度に関する研究

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>菊池世政啓<sup>\*3</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。

人々は室内にいる時に不快を感じたら、快適さを求めて室内環境を調節する。人の生理的・行動的・心理的反応や、建物の設計や構造は室内の快適さを求める場合にあげられる要因である。空調設備も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。

2011年3月に起こった震災の影響で、2011年の夏は電力不足による大規模な節電が行われた。電力が足りないからエネルギーを抑制するという考え方より、限りあるエネルギーを無駄に使わないという考えの方が良い。そのためにも、人々は寒いときは暖かく感じ、暑ければ涼しく感じる工夫を行う必要がある。例えば、衣服での体温調節、通風による室内換気などである。また、冷暖房を使わずとも暮らせる新たな基準を発見し、広めることが重要だと思う。例えば、想像温度と実際の室温の差を利用する。居住者は一般的にどの程度室温を低く、または高く想像しているのかを明らかにすることである。このように想像温度を利用した生活によりエネルギーの抑制ができ、環境へ配慮した生活へ変化していくと考える。

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・温冷感の調査を行い、2010年を基にサンプル数を増やした2011年との関係や両者の差について明らかにする。

## 2. 調査方法

2010年に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<sup>1)</sup>を行った。2010年の調査では対象住宅11軒、居住者29人(男性:15人、女性:14人)で行った。得られたデータを夏に限定し分析し直した。翌年2011年では夏を対象とし対象住宅・居住者を増やした同様の調査を行った。

2011年の調査には関東地方(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県)の住宅59軒のリビングを対象とした。調査期間は2011年8月5日(金)~18日(木)、8月24日(水)~9月6日(火)の計4週間であり、2回に分けて行った。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。測定高さの平均値は床上87cm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109人(男性:52人、女性:57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)。

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、住宅のリビングにおける夏の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29.3℃、ACモードで27.9℃であり、NVモードの方が1.4℃高い。標準偏差はNVモードで1.8℃、ACモードで1.3℃であり、NVモードの方が0.5℃高く、データのばらつきが大きい。節電対策が行われていた夏であったため、ACモードは平均値が約28℃となっており、夏季における冷房設定温度に近く、節電を意識した夏であったことがわかる。

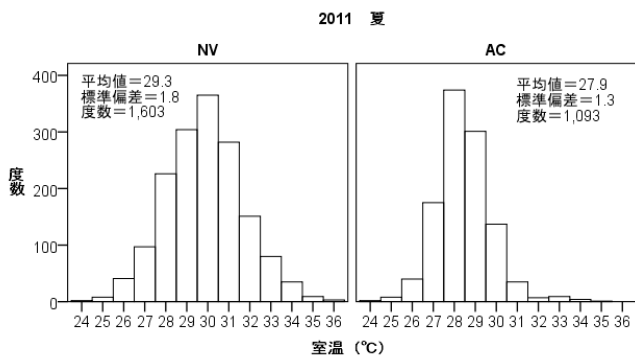


図1 申告中の室温の分布

2010年と2011年の室温について明らかにする。平均室温を比べると、NVモードでは2011年の方が0.3°C高く、ACモードでは2011年の方が1.5°C高い。(表2)。記録的な猛暑日が続いた2010年の夏であったが、2011年のNVモードの方が高かった。ACモードの方がNVモードより差が高かったのは、2011年の夏は節電の影響で室温の設定を高めにし、例年と同じ状況で冷房を使用できなかったためではないかと思われる。

2010年と2011年の標準偏差を比べると、NVモードでは2010年の方が0.6°C高く、ACモードでは2010年の方が0.7°C高い(表2)。2010年の調査の方がNVモード、ACモード共に2011年より大きくばらついている。また、2011年のACモードの標準偏差が1.3°Cと一番差が低かったのは、冷房を使用しうまく室温を保っていたためであると考えられる。室温の分布だけでは居住者の快適性については明らかにできないが、居住者は室内環境に適応しながら生活していることがわかる。

表2 2010年と2011年の室温と想像温度の関係

Mode	年	室温(°C)		想像温度(°C)		差 <sup>a)</sup> (K)	
		平均	SD	平均	SD	平均	SD
NV	2010	29.0	2.4	27.9	2.8	-1.2	2.0
	2011	29.3	1.8	28.5	2.2	-0.8	1.8
	差 <sup>b)</sup>	0.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.2
AC	2010	26.4	2.0	26.2	1.8	-0.2	1.8
	2011	27.9	1.3	27.6	1.7	-0.4	1.8
	差 <sup>b)</sup>	1.5	0.7	1.4	0.1	0.2	0.0

SD: 標準偏差 差<sup>a)</sup>: 想像温度と室温の差

差<sup>b)</sup>: モードごとの2010年と2011年の差

図2に2011年の室内想像温度の分布を示す。平均想像温度はNVモードで28.5°C、ACモードで27.6°Cであり、NVモードの方が0.9°C高い。標準偏差はNVモードで2.2°C、ACモードで1.7°Cであり、NVモードが0.5°C高い。ACモードでは29°Cを境に申告数が急激に減っており、冷房設定基準の28°Cを強く感じながら暮らしていたのではないかと考えられる。漠然と室温を想像するのではなく、2011年の夏のように「冷房設定28°C」を意識しながら生活するのは想像の仕方も変わってくると思われる。

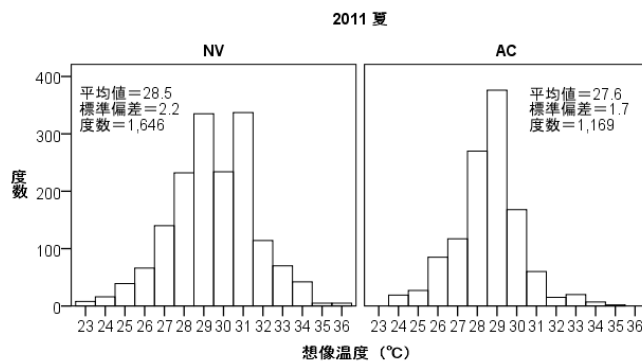


図2 想像温度の分布

2010年と2011年の想像温度を比較する。平均想像温度は、NVモードでは2011年の方が0.6°C高く、ACモードでは2011年の方が1.4°C高い(表2)。ACモードの差の方が高かったことより、2010年と2011年では冷房の使用方法が異なっていたと思われる。標準偏差を比べると、NVモードでは2010年の方が0.6°C高く、ACモードでは2010年の方が0.1°C高い。ACモードのばらつき方に差がほぼみられず、冷房使用時における居住者の室温の感じ方は似ていることがわかる。

### 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2011年の想像温度と室温の差を示す。

2011年の想像温度と室温の差について述べる。想像温度と室温の差はNVモードで-0.8K、ACモードで-0.4Kである。標準偏差はNVモードで1.8K、ACモードで1.8Kである。標準偏差の値より、2011年の想像温度と室温の差のばらつき方は同じだといえる。

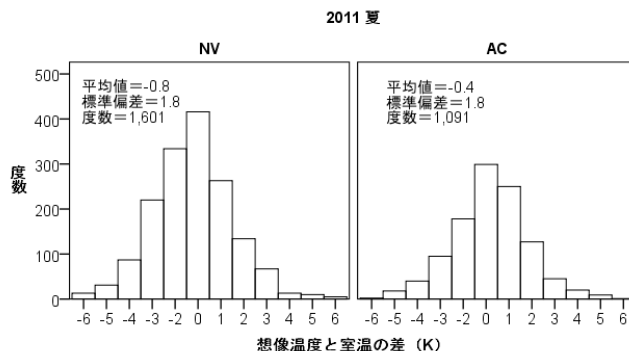


図3 想像温度と室温の差の度数分布

2010年と2011年の想像温度と室温について明らかにする。想像温度と室温の差を比べると、NVモードでは2010年の方が0.4K低く、ACモードでは2011年の方が0.2K低い(表2)。標準偏差はNVモードで0.2Kの差がみられたが、ACモードでは差がみられない。2010年、2011年どちらの年においても大きな差はなく、居住者は

室温をある程度予測し、NV・ACモードに関係なく実際の室温より低く室温を想像しながら暮らしていることがわかる。特に2010年、2011年どちらにおいても冷房を使用しないNVモードがACモードに近いことは、不必要な冷房使用の抑制に繋がるとも考えられる。

### 3.3 室温から想像温度を予測

この節では、室温から想像温度を予測するために、想像温度と室温の関係を分析する。図4に2011年の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。

2010年

$$NV : T_{ic} = 0.857T_i + 2.993 \quad (n=1286, r=0.72, p<0.001) \quad (1)$$

$$AC : T_{ic} = 0.534T_i + 12.120 \quad (n=752, r=0.58, p<0.001) \quad (2)$$

2011年

$$NV : T_{ic} = 0.732T_i + 7.097 \quad (n=1646, r=0.61, p<0.001) \quad (3)$$

$$AC : T_{ic} = 0.492T_i + 13.736 \quad (n=1169, r=0.36, p<0.001) \quad (4)$$

$T_i$  : 室温 (°C)、 $T_{ic}$  : 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モードの回帰係数や相関係数はACモードより高くなっている。2010年では回帰式を用いると、NVモードで室温が29°Cの時、想像温度は27.8°Cである。ACモードで室温が26°Cの時、想像温度は26.0°Cである。NVモードは想像温度が1.2°C低く、ACモードは室温と想像温度が同じであった。

2011年では回帰式を用いると、NVモードで室温が29°Cの時、想像温度は28.3°Cである。ACモードの室温が26°Cの時、想像温度は26.5°Cである。NVモードは想像温度が0.7°C低く、ACモードは想像温度が0.5°C高い。ACモードの予測した想像温度が室温より0.5°C高いのは、冷房使用により室温を低く感じるからだと思われる。

2010年と2011年の実際の室温から想像温度の予測を行った結果を比較する。回帰係数と相関係数は、2010年、2011年共にNVモードの方が高い。2010年の調査で、ACモードは冷房の設定温度に依存して室温を想像しているのでNVモードより正確なのではないかと考察していたが、実際はNVモードの方が正確であり、身体の感覚を頼りに室温を想像した方がより正確ということがわかった。2011年の調査でも同じ結果が得られ、NVモードの方がより正確であった。

NVモードの想像温度は2010年が27.8°C、2011年が28.3°Cであり2011年の方が0.5°C高かったが、1°C以上の差はなく室温の想像の仕方は似ているといえる。ACモードの想像温度は2010年が26.0°C、2011年が26.5°CでありNVモード同様に2011年の方が0.5°C高い結果となった。

2011年のACモードの想像温度が2010年より高かったのは、節電による冷房使用の方法が例年と異なり、設定温度

も高くしており例年より室温が高いのではないかとという心理的要因が含まれていると考える。

### 3.4 温冷感

この節では温冷感の分布について明らかにする。図5に2011年の温冷感の分布を示す。

平均温冷感はNVモードで4.8、ACモードで3.9であり、NVモードの方が0.9高い。標準偏差はNVモードで1.3、ACモードで1.1であり、NVモードの方が0.2高い。NVモードでは「やや涼しい」「暖かい」「暑い」と感じる申告数がほぼ同じであった。NVモードの度数をみると、「中立（涼しくも暖かくもない）」よりも「やや暖かい」の方が多く快適に過ごせていないと思われる。ACモードでは「中立」と申告している居住者が圧倒的に多かった。節電を心掛けていただろうが、冷房の使用時間を短くするなどして室温を快適に保っていたのではないかとと思われる。

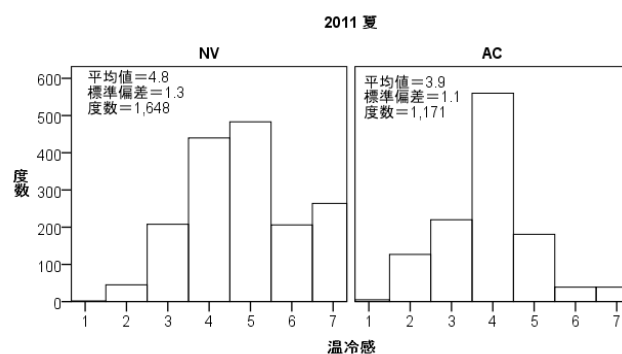


図5 温冷感の分布

2010年と2011年の温冷感について比較する。平均温冷感を比べると、NVモードで0.1、ACモードで0.2となっており、大きな差はみられない。NVモードは2010年より2011年の方が「やや暖かい」から「暑い」と申告している居住者が多かった。世間では記憶的な猛暑といわれていた2010年だが、居住者は2011年の方が暑さに敏感である。ACモードは「涼しい」「やや涼しい」と申

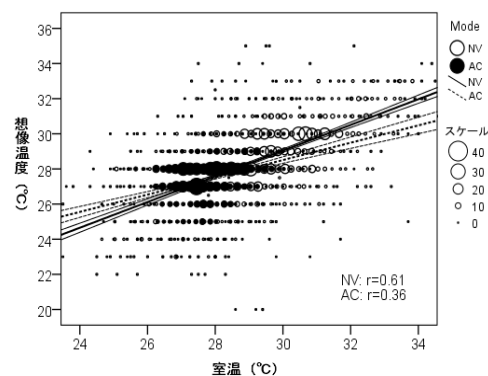


図4 NV・ACモードにおける想像温度と室温の関係：2011

告した度数が 2010 年と 2011 年とでほぼ同じであり、冷房を使用していて「中立」より寒い尺度を申告している。

### 3.5 想像快適温度の予測

この節では、想像快適温度を明らかにするために、温冷感と想像温度を分析する。図 6 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。

2010 年

$$NV : C=0.311T_{ic}-3.955 \quad (n=1285, r=0.67, p<0.001) \quad (5)$$

$$AC : C=0.311T_{ic}-4.427 \quad (n=752, r=0.52, p<0.001) \quad (6)$$

2011 年

$$NV : C=0.398T_{ic}-6.515 \quad (n=1646, r=0.65, p<0.001) \quad (7)$$

$$AC : C=0.323T_{ic}-5.010 \quad (n=1169, r=0.50, p<0.001) \quad (8)$$

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。

2010 年では得られた回帰式を用いると最も快適な想像温度は、NV モードで 26.4°C、AC モードで 27.9°C である。想像快適温度は AC モードの方が 1.5°C 高い。相関係数は NV モードの方が高くより信頼性がある。

2011 年では得られた回帰式を用いると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。想像快適温度は AC モードの方が 1.5°C 高い。2010 年と同様に NV モードより AC モードの想像快適温度が高いということは、夏で室温を冷やしてはいるが、本来快適と思っている室温以上に室温を低くしてしまっているのではないかと思われる。相関係数は 2010 年同様に NV モードの方が高い。

2010 年と 2011 年の想像快適温度について明らかにする。NV モード、AC モード共に 2010 年の方が 0.8°C 高い。AC モードも 2010 年の方が高く、冷房を多用し室温を必要以上に冷やしたためではないかと思われる。

相関係数は 2010 年、2011 年共に NV モードの方が高く、AC モードより正確である。回帰係数は 2010 年では NV モード、AC モード共に同じであり、回帰線は平行である。2011 年では NV モードの方が高くなっている。

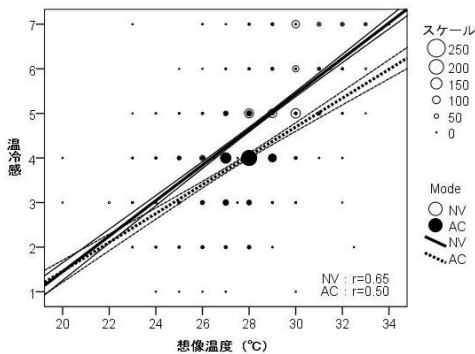


図 6 NV・AC モードにおける温冷感と想像温度の関係：2011

## 4. まとめ

本研究では夏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. 夏における室温・想像温度は、平均室温・標準偏差共に NV モードの方が高くなっている。また、年度別に比較すると 2011 年の方が NV・AC モード共に高い。
2. 想像温度と室温の差は 2010 年、2011 年共に AC モードの方が差は小さく、ばらつきも小さい。
3. AC モードの方が設定温度に依存した室温の想像をするため相関が高いと 2010 年で予測したが、実際は NV モードの方が高く 2011 年でも同様の結果が得られた。人は身体感覚を頼りに室温を想像した方がより正確である。
4. 温冷感は 2010 年、2011 年共に平均値より、NV モードでは「暑い」方に偏り、AC モードでは「寒い」方に申告が多かった。
5. NV モードの想像快適温度は 2010 年で 26.4°C、2011 年で 25.6°C である。AC モードは 2010 年で 27.9°C、2011 年で 27.1°C である。AC モードの方が想像快適温度が高いことから、冷房使用時は極端に室温を低くせず、設定温度を高めにする事で省エネルギーにつなげることができる。

## 謝辞

短期的調査の実測調査では川本工業株式会社の田邊剛士氏と社員の方々とそのご家族の方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、西村美沙紀、細川陽平、室本真紀、吉村咲希にご協力して頂いた。記して謝意を表す。

## 参考文献

1. 酒井匠：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、日本建築学会関東支部研究報告集、pp. 121-124、2011. 3
2. 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～、日本建築学会環境系論文集、pp. 1299-1306、2009. 12.
3. 成田梓、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、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 31-32、2010. 9.
4. 町口賢宏、斉藤雅也、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.
5. 松岡弘幸、斉藤雅也、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
6. 斉藤雅也：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
7. H. B. リジュアル、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)

\*3 川本工業 (株) R&D 事業部設計部開発課 博士 (工学)