

夏と秋のリビングにおける湿度感やオーバーヒューミッドと想像湿度に関する研究

4.環境工学-10.温熱感

準会員 ○ 重野 悠^{*1}正会員 H.B.リジャル^{*2}

リビング 湿度感 適切な湿度
 オーバーヒューミッド 想像相対湿度 ロジスティック回帰

1. はじめに

日本の夏の特徴は高温多湿であるため、人の温冷感や湿度感に関する研究は、作業効率の向上や快適感を向上させるために必要な項目である。

高温多湿の環境下で、人にどのような影響を及ぼすのか具体的に解明するため、夏期に首都圏の小学生の出席率と外気温度・相対湿度を併用して調査・分析した研究がある¹⁾。結果は両者に相関は無いというものであった。他に、高齢者が福祉施設的环境下で、どのような変化が生理現象として現れるのか実測とヒアリング調査した研究もある²⁾。快適条件と、許容範囲の2つの指数を融合することを旨とした研究もある³⁾。この研究では、快適条件を明確にすると同時に、許容範囲を解明している。

このように温冷感と湿度感が、人にどのように影響を与えるのか調査した研究は数多くある。しかし、湿度感やオーバーヒューミッド（過剰な湿度）と想像湿度などの関係に着目した研究はあまり見受けられない。

そこで本研究では、関東地域の住宅における温熱環境実測と、居住者の湿度感や想像相対湿度の主観申告調査を行い、相対湿度と湿度感や適切な湿度感やオーバーヒューミッドの関係について明らかにする。また、想像相対湿度と実際の相対湿度とを比較し、居住者の湿度を予測する能力についても明らかにする。

2. 調査方法

調査は関東地域の11軒の住宅で行った。調査期間は2010年7月7日～10月11日である。温熱環境は小型温湿度計を用いてリビングにて、10分間隔で測定した。測定の高さは約110cmである。

湿度感には7段階尺度、適切な湿度は5段階尺度を用いて申告を集めた（表1、表2）。更に、オーバーヒューミッド（過剰な湿度）を感じるか（表3）、今の相対湿度は何%だと感じるか（想像湿度）、申告を集めた。発汗量別の調査を行うために、4段階尺度で申告時の発汗量も分析した（表4）。申告対象人数は29人であり、得られた申告数は約2,100である。

表1 湿度感の尺度

今、湿度をどのように感じていますか？	
尺度	項目
1	とても乾燥している
2	乾燥している
3	やや乾燥している
4	どちらでもない
5	やや湿気っている
6	湿気っている
7	とても湿気っている

表3 オーバーヒューミッド（過剰な湿度）の尺度

今、オーバーヒューミッドを感じていますか？	
尺度	項目
0	感じていない
1	感じている

表2 適切な湿度感の尺度

今、湿度をどのようにして欲しいですか？	
尺度	項目
1	もっと加湿してほしい
2	少し加湿してほしい
3	このままでよい
4	少し除湿してほしい
5	もっと除湿してほしい

表4 発汗の尺度

今、汗をどの程度かいていますか？	
尺度	項目
1	まったくない
2	少しある
3	ある
4	多量にある

3. 分析方法

本研究では、オーバーヒューミッド（過剰な湿度）と湿度の関係进行分析するために、下記のロジスティック回帰式を用いる。

$$\log it(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = bH + c \quad (1)$$

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

p : オーバーヒューミッドを感じる割合、 b : 回帰係数、 H : 相対湿度 (%)、 c : 定数、 \exp : 指数関数である。

4. 結果と考察

4.1 湿度感と適切な湿度の評価

湿度感を「NVモード」（自然換気時）と、「ACモード」（エアコン使用時）に分けて、両者の差について分析する。表5に湿度感と適切な湿度感の分布データを示し、図1にNVとACモードでの湿度感の平均値と標準偏差を示す。図2にNVとACモードでの適切な湿度の分布を示す。

湿度感は全体的に見て、「4.どちらでもない」という申告と、「5.やや湿気っている」という申告が大半を占めており、「3.やや乾燥している」・「2.乾燥している」などの申告は殆どない（図1）。湿度感の平均値は4.48であり（表

5)、「4.どちらでもない」と、「3.やや湿気っている」の申告の中間に位置していることが分かる。更に、「今、湿度をどのようにして欲しいですか?」という質問から得られる「適切な湿度感」の申告は、全体的にみて「3.このままで良い」や、「4.少し除湿して欲しい」といった申告が多い(図2)。適切な湿度感の平均値は3.37である(表5)。適切な湿度感の申告も、「2.少し加湿して欲しい」や、「1.加湿して欲しい」といった申告は殆どなく、居住者は室内では乾燥しているとは思えないと言える。

湿度感は、ACモードの方が、NVモードに比べ、「5.やや湿気っている」申告が極端に減っており、平均値も4.62から4.24へ減少し、「4.どちらでもない」申告に近づいている(図1)。適切な湿度感の申告に関しても、「4.少し除湿して欲しい」申告が減っており、適切な湿度感の申告の平均も、3.46から3.21へ変化している(図2)。このことは、エアコンの使用時に、湿度感の申告と適切な湿度感の申告が、変化することを示している。

申告が変化する原因として、ACモードの時に、相対湿度が実際に下がっているため、湿度感の申告に影響を及ぼしていると思われる。また、発汗などの生理現象や、エアコンをつけているという心理的な状態が湿度感に影響を及ぼしていることも考えられる。両者について、下記でさらに分析する。

表5 湿度感と適切な湿度感の平均値と標準偏差

項目	平均値	標準偏差	度数
湿度感	4.48	0.754	2,101
適切な湿度感	3.37	0.591	2,109

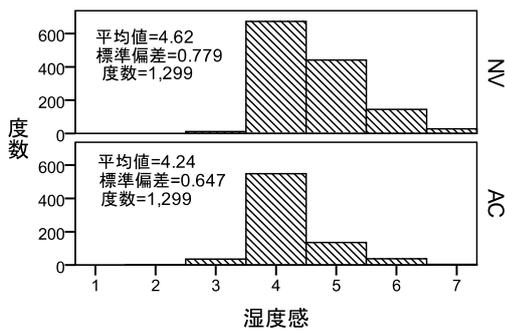


図1 NVとACモードでの湿度感の分布

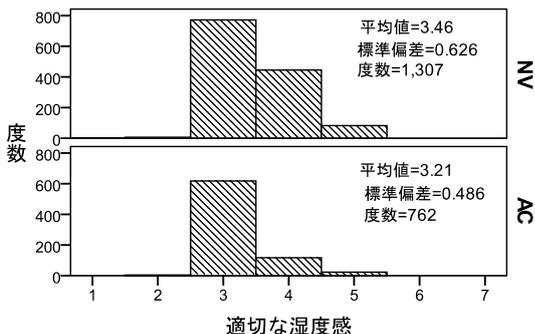


図2 NVとACモードでの適切な湿度の分布

4.2 NVとACモードの相対湿度の変化

この節では、NVとACモードで室内相対湿度に変化があるのかどうか分析する。図3にNVとACモードでの相対湿度の度数、図4にNVとACモードでの住宅別の相対湿度の平均値と95%信頼区間を示す。

NVモードの相対湿度は、70%が最も多く、60%~75%までが特に多いが、ACモードの時の相対湿度は、NVモードの相対湿度に比べて、65%以上が極端に減っていることが分かる(図3)。住宅別にみても、ACモードの住宅では、そのほとんどで、NVモードに比べ、ACモードに相対湿度が下がっていることが分かる(図4)。

これらの結果から、ACモードでは実際に湿度が下がっていることが分かる。しかし、NVとACモードでの相対湿度の平均値には、6%の差しかなく、その僅かな差を、居住者は感じ取れているのか、それともエアコンをつけているという心理的な申告の変化なのか、更に次節で分析する。

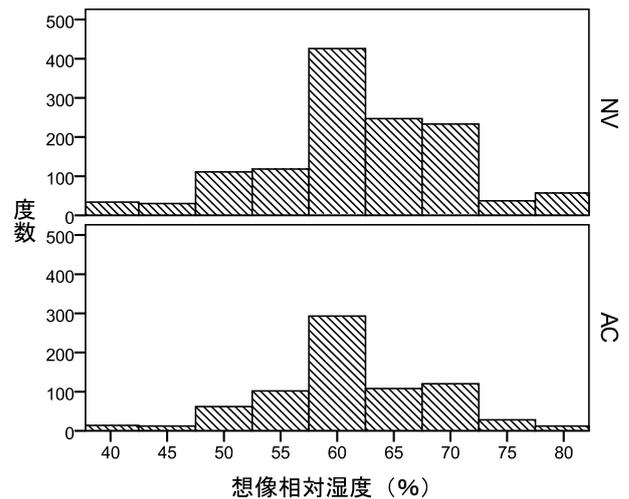


図3 NVとACモードでの相対湿度の度数

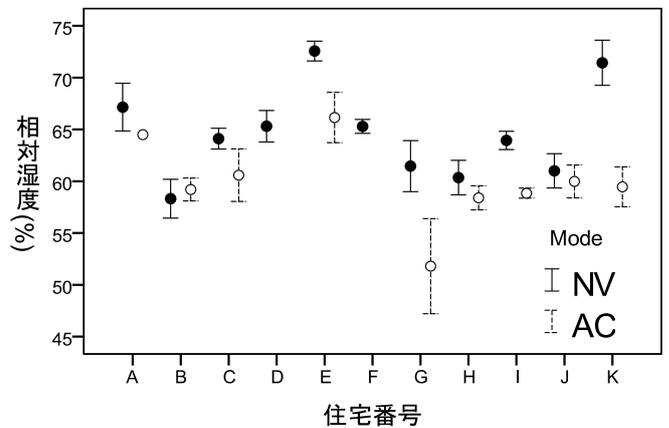


図4 NVとACモードでの住宅別の相対湿度の分布

4.3 湿度感や適切な湿度感と相対湿度の関係

この節では、居住者が僅かな湿度の差を感じ取れるのか分析する。表6に各項目の相関係数を示す。

湿度感と室内相対湿度の相関係数は $d1(r=0.18)$ 、湿度感と外気相対湿度との相関係数も全くない(表6)。よって、居住者は、相対湿度の変化を感じ取ることが難しく、心理的な変化によって、湿度感や適切な湿度感の申告が変化すると考えられる。居住者が、相対湿度をどのように感じているのか更に詳しく分析するために、想像相対湿度を用いて、湿度感・適切な湿度感と想像湿度の関係について次節で分析する。なお、今回の研究では及ばなかったが、今後、絶対湿度などを用いて、検討する必要がある。

表6 各項目の相関係数

Mode	$H_f:H_p$	$H_f:H_i$	$H_f:H_o$	$H_f:H_c$	$H_p:H_i$	$H_p:H_o$	$H_p:H_c$	$H_i:H_o$	$H_i:H_c$	$H_o:H_c$
NV	r	0.74	0.18	0.01	0.55	0.10	-0.04	0.53	0.60	0.03
	p	<0.001	<0.001	ns	<0.001	<0.001	ns	<0.001	<0.001	ns
	n	1299	1299	1298	1296	1307	1306	1304	1306	1304
AC	r	0.72	0.09	0.10	0.46	0.09	0.08	0.52	0.40	0.06
	p	.000	.016	.004	.000	.011	.029	.000	.000	ns
	n	762	762	762	756	762	762	756	762	756

H_f :湿度感、 H_p :適切な湿度感、 H_i :室内相対湿度(%)、 H_o :屋外相対湿度(%)、 H_c :想像相対湿度(%)、r:相関係数、p:有意水準、n:データ数、ns:not significant

4.4 快適な想像湿度の予測

NVとACモードの快適な想像湿度の検討をする。図5にNVとACモードでの湿度感と想像湿度の関係を示す。図中に回帰線と95%信頼区間の線を示す。回帰式を下記に示す。

$$NV \quad H_f = 0.051H_c + 1.487 \quad (n=1,296, r=0.55, p < 0.001) \quad (3)$$

$$AC \quad H_f = 0.039H_c + 1.891 \quad (n=756, r=0.46, p < 0.001) \quad (4)$$

H_f :湿度感申告、 H_c :想像相対湿度(%) n:データ数、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が、ACモードよりも大きい。湿度感が「4.どちらでもない」の時、予測想像相対湿度はNVモードでは50%、ACモードでは54%である。居住者は相対湿度が50%で最も快適と感じている。

NVとACモードの適切な湿度感の申告と想像相対湿度の関係は図6に示す。得られた回帰式は下記に示す。

$$NV \quad H_p = 0.038H_c + 1.101 \quad (n=1,304, r=0.53, p < 0.001) \quad (5)$$

$$AC \quad H_p = 0.033H_c + 1.223 \quad (n=756, r=0.52, p < 0.001) \quad (6)$$

H_p :適切な湿度(%)である。

NVモードの回帰係数や相関係数はACモードより大きい。適切な湿度感が「3.どちらでもない」の時、予測想像相対湿度はNVモードでは49%、ACモードでは54%である。エアコンを使用していると、居住者は快適であると思っている相対湿度が上がると言える。

ACモードでは、ある程度、想像相対湿度が高いと想像していても、「4.どちらでもない」申告へ近づく事が分かる。エアコンがついていることにより、想像相対湿度が少し高くても、心理的に申告が下がっている。

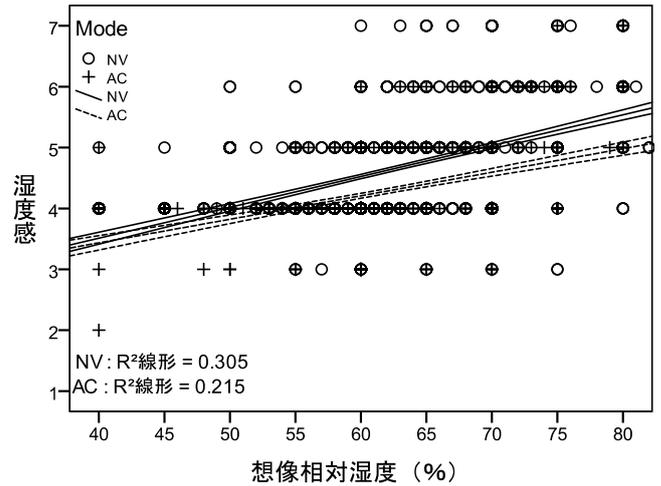


図5 NVとACモードでの湿度感と想像湿度の関係

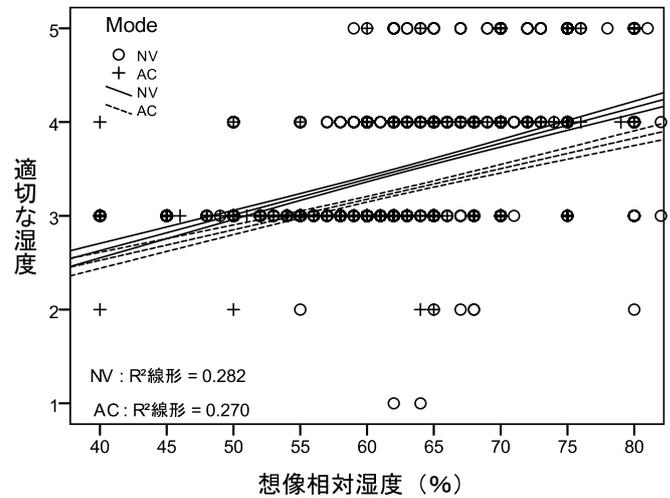


図6 NVとACモードでの適切な湿度と想像湿度の関係

湿度の申告の変化には、生理的現象によっても左右される可能性があるため、発汗量別に、想像相対湿度と湿度感の関係について分析する。表5に発汗量別の湿度感と想像湿度の関係を示す。表中の H_{7p} は想像相対湿度70%のときに予想した申告である。

NVやACモードにおける発汗「2.少しある」の予想した湿度感申告は発汗「1.まったくない」より0.7尺度高い(表7)。汗をかいていると、想像相対湿度が低くても、湿気を感じ、湿度感発汗量に大きく左右されている。

表7 発汗量別の湿度感と想像湿度の関係

Mode	発汗	n	回帰式	r	p	H_{fp}
NV	1	766	$H_f = 0.030H_c + 2.526$	0.399	<0.001	4.63
	2	400	$H_f = 0.058H_c + 1.155$	0.544	<0.001	5.22
	3	79	$H_f = 0.070H_c + 0.487$	0.686	<0.001	5.39
	4	50	$H_f = 0.033H_c + 3.429$	0.382	0.006	5.74
AC	1	613	$H_f = 0.021H_c + 2.872$	0.299	<0.001	4.34
	2	110	$H_f = 0.062H_c + 0.640$	0.570	<0.001	4.98
	3	19	$H_f = 0.062H_c + 0.777$	0.551	0.015	5.12
	4	14	$H_f = 0.087H_c - 0.582$	0.787	<0.001	5.51

H_f : 湿度感、 H_c : 想像相対湿度(%), n: データ数、r: 相関係数、p: 有意水準、 H_{fp} : 想像相対湿度70%の時の予測した湿度

4.5 オーバーヒューミッドの予測

この節では、想像相対湿度を用いてオーバーヒューミッド（過剰な湿度）の予測をする。図7にオーバーヒューミッドを感じる割合と想像湿度の関係を示す。図中に5%おきに平均した実際の値を示す。サンプル数5個以下のデータは示していない。ロジスティック回帰から、予測値と実測値は比較的良好に一致しており、予測精度が高い。下記の式が得られた。

$$\text{NV logit}(p) = 0.119H_c - 10.074$$

$$(R^2 = 0.068, n = 1,304, p < 0.001) \quad (7)$$

$$\text{AC logit}(p) = 0.325H_c - 25.729$$

$$(R^2 = 0.109, n = 756, p < 0.001) \quad (8)$$

R^2 は、Cox&Snellの決定係数である。ACモードの回帰係数や決定係数はNVモードよりも大きい。NVモードでは、想像相対湿度が上がるにつれて比較的緩やかに、「オーバーヒューミッドを感じる」申告に近づくが、エアコン使用時は、相対湿度70%になるまでほぼ横ばいであり、そこを超えると急激に「オーバーヒューミッドを感じる」申告に近づく（図7）。この結果により、エアコンを使用していると、オーバーヒューミッドを感じにくくなると考えられる。エアコンを使用していると、多少湿度が変化しても、心理的にその変化を感じ取にくくなる現象があると考えられる。

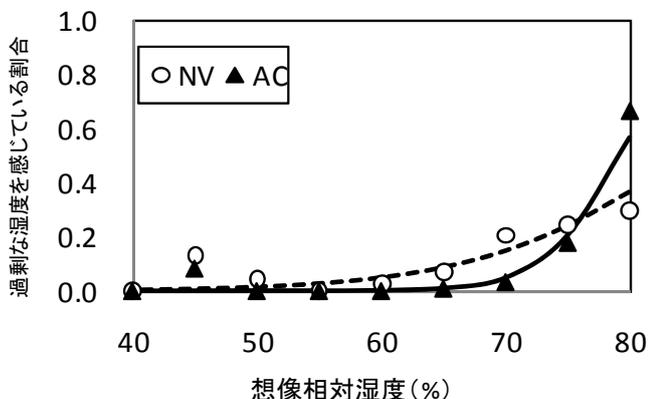


図7 過剰な湿度を感じる割合と想像湿度の関係

5. まとめ

本研究では、関東地域の住宅を対象に、夏と秋における居住者の湿度感に関する調査を行い、ACとNVモードにおける、相対湿度、想像相対湿度、湿度感、適切な湿度感に関する下記の結果が得られた。

1. 相対湿度と湿度感・適切な湿度感に相関関係は全くなく、住居者は、相対湿度の変化を感じ取る事は難しいと言える。今後絶対湿度などを用いて、さらに検討する必要がある。
2. エアコンをつけていると、湿度感や適切な湿度感に影響を及ぼし、湿度を感じにくくなると考えられる。
3. 想像相対湿度と湿度感や適切な湿度感の間には相関関係があり、両者の回帰式から予測した快適な想像湿度は49~54%である。
4. 発汗があると、住居者は湿気を多く感じとり、生理的な状態の変化が湿度感や適切な湿度感に影響を及ぼすと考えられる。
5. オーバーヒューミッドと想像相対湿度の関係をロジスティック回帰を用いて想像相対湿度からオーバーヒューミッドを予測した結果、予測値と実測値は比較的良好に一致しており、予測精度が高い。

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、酒井匠、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. 岩下剛、古賀隆文、玉木元太郎、青木美カ: 小学校普通教室における移住環境及びプロダクティビティに関する調査研究(その2) 夏季の室内温湿度と病欠率との関係及び温冷感申告、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)、pp.1143~1144、2007.8
2. 姜燕、龍有二、香川治美: 通所型福祉施設の温熱環境が高齢者の生理・心理反応に与える影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp.527~528、2006.9
3. 松尾朋浩、朝比奈亮、浜田博之、山越健弘、窪田英樹: 椅座時の温熱性発汗、人体平均皮温、湿度感に関する基礎実験、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、pp.327~328、1999.9

*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)