

## 岐阜の住宅における熱的快適性に関する実態調査

## その2 冷房利用の検討

4.環境工学-10.温熱感  
住宅 リビング  
冷房 快適感

準会員 ○ 矢野真梨奈<sup>\*1</sup>  
気温  
ロジスティック回帰

正会員 H.B.リジャル<sup>\*2</sup>

正会員 中谷岳史<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

我が国世帯におけるルームエアコンの普及率は全国平均で1970年に5.9%であったものが1980年に39.2%、2011年3月末時点には86.0%へと急激な伸長をみせている。また、世帯保有台数は2.6とルームエアコンはほぼ「一家に2台以上」という状況であるといえる。<sup>1)</sup>

一方でルームエアコン普及に伴いエネルギー消費増大が問題となっている。特に夏季の日中の電力需要は高く、2011年3月の東日本大震災による原発事故を受け、相次ぐ原子力発電所の稼働停止も影響し、電力供給が逼迫している状況である。地球温暖化に伴う省エネルギー対策の一つとしても家庭での冷暖房用エネルギーの見直しが必要となっている。

こうした冷房の急速な普及は夏季の住宅の室内温熱環境の質や、居住者の夏季の温熱環境調節に関する習慣及び居住者の冷暖房機使用に対する意識に影響を与えていると想像される。エネルギー使用との関連においても室内温熱環境(による冷房利用行動)と冷房利用率の実態把握が必要である。

また、今までの住宅の冷房や温熱環境に関する研究では一部の地域の特定の住宅の種類や構造に限定した研究が多く<sup>3-8)</sup>、様々な種類の多くの住宅で同時に実測して温熱環境を相互比較した研究は少ない。オフィスビルのように作業効率を向上させるために冷暖房を使用して室内環境を調節する場合は違い、住宅では冷暖房の使用が家庭の経済に直接的に関係するため、冷房利用の行動が各家庭により異なる。よって、住宅で冷房利用に関する研究を行う必要がある。

そこで、本研究では岐阜県地域の住宅における温熱環境の実測と居住者の冷房利用と温熱感に関する主観申告調査を行い、温熱環境と冷房利用行動の相関関係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る。住戸種類は戸建住宅であり、平屋もしくは二階建てである。調査住戸数は30家族、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歳、女性41.3歳である。調査は

2010年5月13日から2011年5月31日までである。室温と相対湿度は小型温湿度計を用いて10分毎に測定した。測定機器は居住者の邪魔にならない場所に設置した。冷房利用の調査は居住者に対して1日何回かバイナリ形式(0=冷房OFF、1=冷房ON)に記録した。表1の快適感申告は5段階尺度で行った。

表1 快適感の尺度

今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不快と感じますか。	
尺度	項目
1	耐えられない
2	非常に不快
3	不快
4	やや不快
5	快適

## 3. 分析方法

既往研究では、冷房利用と外気温の関係を分析するために、ロジスティック回帰を用いているため<sup>9)</sup>、本研究でも同じ方法を用いて分析する。

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

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

p: 冷房利用の割合、b: 回帰係数、T: 気温(°C)、c: 定数、e: 指数関数である。

## 4. 結果と考察

## 4.1 冷房利用の状況

居住者の冷房利用状況を把握するために、表2に各世帯の室温、冷房利用率と快適感の平均値と標準偏差を比較する。夏季冷房利用率の全体平均値は33%であるが、グループAの住宅番号5と7、グループBの住宅番号9、

グループCの住宅番号7は冷房利用率70%を超えており、冷房利用率が高いといえる。それに対し、グループBの住宅番号1と2、グループCの住宅番号2と9は冷房利用率が10%にも満たないため、冷房利用率が低いといえる。冷房利用率と何らかの相関を見付けるため、冷房利用率が70%以上の世帯を『高冷房利用者』、冷房利用率が10%に満たない世帯を『低冷房利用者』に分類し、両者の差を分析する。

表2 夏季における各家の室温、冷房利用率と快適感

グループ	住宅番号	室温(°C)			冷房利用率		快適感	
		度数	平均	SD	平均	SD	平均	SD
A	1	418	29.1	2.3	0.26	0.44	4.1	0.7
	2	192	27.6	2.1	0.47	0.50	3.6	1.2
	3	183	27.7	2.2	0.43	0.50	4.4	0.5
	4	191	27.8	2.5	0.32	0.47	4.3	0.7
	5	78	27.7	1.3	0.70	0.46	4.5	0.7
	6	210	27.4	3.0	0.46	0.50	3.8	0.8
	7	256	27.3	1.9	0.76	0.43	4.5	0.7
	8	288	27.0	2.3	0.51	0.50	4.6	0.6
	9	141	27.9	2.6	0.27	0.45	4.1	1.0
	10	170	27.7	2.0	0.30	0.46	4.5	0.8
B	1	140	29.0	2.3	0.04	0.20	4.0	0.7
	2	141	29.1	2.6	0.03	0.16	3.9	1.0
	3	144	27.5	2.4	0.24	0.43	4.3	0.7
	4	119	28.9	2.4	0.23	0.42	4.4	0.8
	5	119	28.2	2.9	-	-	3.4	1.0
	6	286	27.9	1.7	0.36	0.48	3.4	0.9
	7	72	28.4	2.2	0.46	0.50	3.7	0.9
	8	136	29.0	1.8	0.16	0.37	3.9	0.4
	9	90	26.7	2.0	0.70	0.46	4.0	0.8
	10	128	27.8	2.1	0.25	0.44	4.5	0.5
C	1	192	26.7	2.6	0.13	0.34	4.5	0.8
	2	98	27.6	2.6	0.00	0.00	4.1	0.6
	3	277	26.8	2.0	0.36	0.48	3.6	1.5
	4	167	27.9	2.3	0.23	0.42	4.1	0.8
	5	108	27.4	2.5	0.22	0.44	4.1	0.9
	6	423	26.6	2.1	0.20	0.40	4.5	0.8
	7	287	26.5	2.3	0.78	0.41	4.3	0.6
	8	285	27.5	2.4	0.11	0.31	4.0	0.8
	9	286	27.0	2.4	0.08	0.27	4.3	0.7
	10	212	25.9	2.3	0.34	0.48	4.4	0.7
All	5,837	27.5	2.4	0.33	0.47	4.1	0.9	

SD:標準偏差

#### 4.2 冷房利用率の高低と快適感の関係

冷房利用率70%以上の『高冷房利用者』、冷房利用率10%以下の『低冷房利用者』の違いを比較する。図4は、『高冷房利用者』と『低冷房利用者』の室温、冷房利用率、快適感の平均値と標準偏差を表にしたものである。平均室温については、『高冷房利用者』は27.0°C、『低冷房利用者』は28.2°Cであり、『低冷房利用者』の方が1.2°C高い。平均快適感については、『高冷房利用者』は4.3、『低冷房利用者』は4.1であり、どちらの申告も「4.少し快適」側にあり、大幅な違いはないといえる。夏季に『低冷房利用者』は冷房を利用しないことにあまり不快だと感じていないのではないかと予想できる。

表3 『高冷房利用者』と『低冷房利用者』の比較

冷房利用	グループ	住宅番号	室温(°C)			冷房利用率		快適感	
			度数	平均	SD	平均	SD	平均	SD
高い	A	5	78	27.7	1.3	0.70	0.46	4.5	0.7
		7	256	27.3	1.9	0.76	0.43	4.5	0.7
	B	9	90	26.7	2.0	0.70	0.46	4.0	0.8
	C	7	287	26.5	2.3	0.78	0.41	4.3	0.6
	平均		711	27.0	1.9	0.73	0.44	4.3	0.7
低い	B	1	140	29.0	2.3	0.04	0.20	4.0	0.7
		2	141	29.1	2.6	0.03	0.16	3.9	1.0
	C	2	98	27.6	2.6	0.00	0.00	4.1	0.6
	9	286	27.0	2.4	0.08	0.27	4.3	0.7	
	平均		665	28.2	2.5	0.04	0.16	4.1	0.8

SD:標準偏差

#### 4.3 外気温と冷房利用率の関係

冷房利用に影響する要因として、外気温と冷房利用の関係を分析する。表4に冷房利用と室温や外気温の相関関係を示す。冷房利用率と室温の相関係数は0.08である。それに対し、冷房利用率と外気温の相関係数は0.42であり、調査方法上既に冷房を使っていたため、室温との相関が低いと思われる。室温と外気温の相関係数は0.74と非常に高い相関関係で、室温は外気温に影響されていることが分かる。

表4 夏季における冷房利用と室温や外気温の相関係数

項目	冷房: $T_i$	冷房: $T_o$	$T_i:T_o$
相関係数	0.08	0.42	0.74
有意確率	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$
サンプル数	5,186	5,206	5,837

$T_i$ : 室温 (°C)、 $T_o$ : 外気温 (°C)、 $p$ : 有意水準

図1に冷房利用率と外気温の関係を示す。外気温のデータ数が偏らないようにランダムに10グループに分けて平均値を求めた。各グループのサンプル数は545~622である。外気温が高くなるにつれて冷房使用率が高くなっている。26~27.9°Cまでは冷房使用割合が一定であるのに対し、28.9°C以降に冷房使用割合が高くなることが分かっている。このことから、28.9°Cを境に被験者の6割の人が冷房の無い室内環境では過ごせなくなることが分かる。

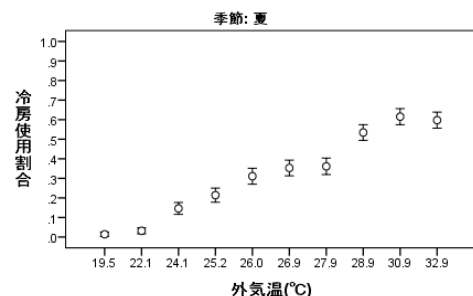


図1 外気温と冷房利用の平均と95%信頼区間

#### 4.4 外気温と冷房利用率の予測

外気温と冷房利用の割合の関係を予測するために、外気温と冷房利用割合のロジスティック回帰分析を行う。図2にロジスティック回帰分析で得られた外気温と冷房利用の関係を示す。図のプロットは1℃刻みに平均した値であり、外気温と冷房利用の間で下記の回帰式が得られた。

$$\text{logit}(p)=0.296T_o-8.773(n=5403, R^2=0.18, p<0.001) \quad (3)$$

$T_o$ :外気温 (°C)、 $n$ :サンプル数、 $R^2$ :Coxand Snell の決定係数、 $p$ :有意水準である。冷房利用の割合と外気温の回帰係数は 0.296、決定係数は 0.18 となっている。外気温が上がるにつれて冷房利用率が上がる事が分かる。図1と同じように、28℃から29℃にかけては急に冷房利用率が上がっている事が分かる。29℃を境に冷房を利用せずに我慢していた世帯が利用し始めるということが予想できる。本研究では物理的要因しか調査を行っていないため、今後は心理的要因についても調査する必要がある。

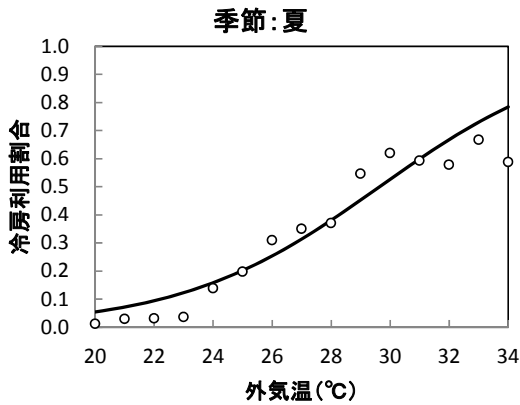


図2 冷房利用と外気温の関係

#### 4.5 冷房の利用パターン

冷房の利用パターンと回帰式を明らかにするために、外気温と関係づけて冷房利用割合を分析する。図3は冷房をつけている割合と外気温の関係をロジット曲線で示す。表は各家の回帰式である。これらの全体の平均であるロジット曲線を太い曲線で示すことで、各世帯の冷房パターンの差を比較する。各世帯についてロジット曲線を求めると、大きな相違が現れることが分かる。(図3)世帯ごとによって冷房利用行動は様々であり、暑くても冷房を利用しない世帯、外温度が上昇すると共に冷房を利用し始める世帯、冷房が必要ではないような条件でも冷房をつける世帯などがみられる。

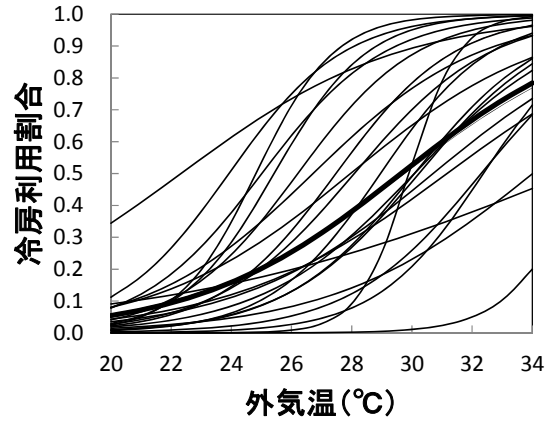


図3 各世帯の冷房利用割合と外気温の関係

表5 各世帯の冷房利用割合と外気温の回帰式

グループ	器具番号	回帰式	SE	p
A	1	$\text{logit}=0.151T_o-5.322$	0.062	<0.001
	2	$\text{logit}=0.512T_o-14.063$	0.368	<0.001
	3	$\text{logit}=0.443T_o-12.440$	0.320	<0.001
	4	$\text{logit}=0.393T_o-11.821$	0.273	<0.001
	5	$\text{logit}=0.647T_o-16.448$	0.393	<0.001
	6	$\text{logit}=0.307T_o-8.583$	0.230	<0.001
	7	$\text{logit}=0.770T_o-19.108$	0.444	<0.001
	8	$\text{logit}=0.510T_o-14.011$	0.371	<0.001
	9	$\text{logit}=0.310T_o-9.518$	0.162	<0.001
	10	$\text{logit}=0.465T_o-13.988$	0.324	<0.001
B	2	$\text{logit}=0.780T_o-27.907$	0.094	0.010
	6	$\text{logit}=0.547T_o-15.837$	0.299	<0.001
	7	$\text{logit}=0.227T_o-6.184$	0.074	0.029
	8	$\text{logit}=0.564T_o-18.257$	0.269	<0.001
	9	$\text{logit}=0.493T_o-12.331$	0.204	0.001
10	$\text{logit}=1.205T_o-36.034$	0.372	<0.001	
C	1	$\text{logit}=0.449T_o-13.574$	0.102	<0.001
	3	$\text{logit}=0.363T_o-9.697$	0.212	<0.001
	4	$\text{logit}=0.283T_o-8.420$	0.112	<0.001
	6	$\text{logit}=0.278T_o-8.664$	0.100	<0.001
	7	$\text{logit}=0.528T_o-12.629$	0.190	<0.001
	8	$\text{logit}=0.300T_o-10.204$	0.038	0.01
	9	$\text{logit}=0.457T_o-14.761$	0.108	<0.001
	10	$\text{logit}=0.508T_o-13.314$	0.380	<0.001

SE:標準誤差、 $T_o$ :外気温、p:有意水準

## 4.6 内外温度差

夏季における内外温度差を比較することで住宅の熱的性能を検証すると共に、住宅内外において室内よりも外気温が涼しい場面は多くあるのか検証する。図4に全軒の内外温度差の分布を冷房ON・OFF別に示す。

冷房を利用していない時の平均内外温度差は2.0℃で外気温より室温の方が平均的に暑い。冷房を利用している時の平均内外温度差は-0.9℃で外気温より室温の方が平均的に涼しい。しかし、どちらの場合も、外気温より室温の方が高い温度であるケースが多くある。このことから、窓を開けた方が涼しいが、認知できておらず機会損失をしている。窓開放を行って室内環境を調節すれば、室温を改善できる可能性がある。

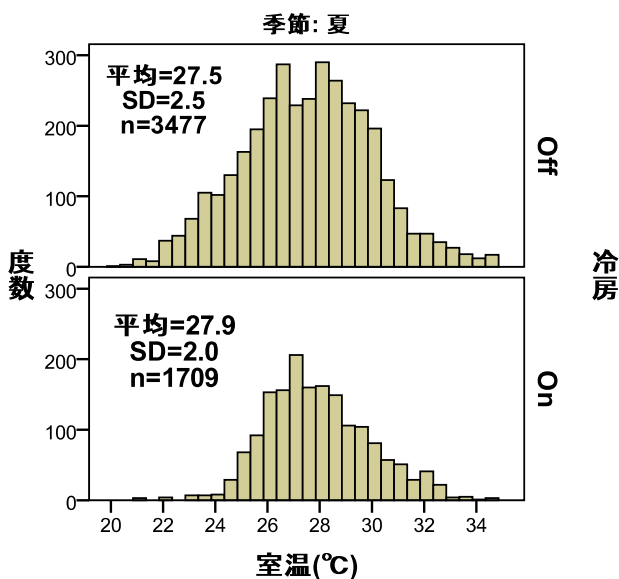


図4 住宅における内外温度差の分布

## 5. まとめ

本研究では、岐阜県地域の住宅における温熱環境の実測と居住者の冷房利用に関する主観申告調査を行い、下記の結果が得られた。

1. 冷房利用行動として、冷房利用率が70%以上の高冷房利用者と、10%未満の低冷房利用者がいる。
2. 高冷房利用者の平均室温(27.0℃)は、低冷房利用者(28.2℃)より、1.2℃ほど高いが、快適性に大きな差はない。
3. 冷房利用と外気温の間の回帰式の回帰係数は0.296であるため、外気温が上がるにつれて冷房利用率が上がる。
4. 室温と外気温の相関係数は0.74と非常に高く、室温は外気温に非常に影響することが分かる。外気温が分かれば回帰式を用いて冷房利用率を予測できる。
5. 冷房利用時の特に外気温が28℃～29℃の時に急に冷房利用率が上がり、居住者の6割の人が冷房の無い

室内環境では過ごせなくなっている。

6. 外気温が30.9℃の時、冷房利用率が最大となる。
7. ルームエアコンの好みによって使用パターンに差がある。住宅における調査であったため、室内温熱環境以外にも家庭ごとの習慣や経済環境などの違いから、このような結果になった。
8. 夏季における内外温度差は冷房を利用している場合も、利用していない場合も、外気温より室温の方が高いというケースが多い。窓開放を行って室内環境を調節すれば、室温を改善できる可能性がある。

## 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. 昭和国勢総覧第3巻, 東洋経済新報社, 1989.
2. 山口温: 子どもをもつ家庭の冷房使用実態調査に関する研究 -住まい方と冷暖房負荷の検討、学苑・環境デザイン学科紀要, pp. 419~420, 2002. 8.
3. 気象庁平成22年報道発表資料  
[http://www.jma.go.jp/jma/press/1009/01a/temp10\\_jsum.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1009/01a/temp10_jsum.html)
4. 長谷川兼一、吉野博、斉木紀彰: 宮城県における民家を対象とした室内熱環境に関する実測調査、日本建築学会技術報告書第3号, pp. 189~192, 1996. 12.
5. 浦野良美、渡辺俊行、林徹夫、内山明彦: 九州北部に残る伝統的民家の熱的快適性に関する研究、日本建築学会計画系論文集第371号, pp. 27~37, 1987. 1.
6. 宇野朋子、銚井修一、布野修司: インドネシア・スラバヤにおける住宅の室内温熱環境に関する実態調査、日本建築学会計画系論文集 564号, pp. 9~15, 2003. 2.
7. 澤島智明、松原斎樹: 京都市近辺における住宅居間の熱環境と居住者の住まい方の季節差に関する研究、日本建築学会計画系論文集 507号, pp. 47~52, 1998. 5.
8. 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. 8.
9. Rijal H.B., Humphreys M.A., Nicol J.F.: Understanding occupant behavior the use of controls in mixed-mode office buildings, *Building Research & Information* 37(4), pp. 381-396, 2009.

\*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)