

住まい手の「温度想像力」養成に関する研究

その1 札幌・福山・熊本における夏季・秋季・冬季の熱的感覚と想像温度

正会員 ○中谷航平*1 同 中村きらら*2 同 原大介*3 同 廣林大河*1
同 伊澤康一*4 同 辻原万規彦*5 同 斉藤雅也*6想像温度 住みこなし 温度想像力
介入実験 熱環境 地域差

1. 研究背景と目的

筆者らは、住まい手の想像温度(いま何℃であるか)に着目し、熱的な快・不快と相関があること、地域差がみられることなどを確認している^{1)~3)}。これらの想像温度の特性を活かし、住まい手自らが過ごす熱環境(空間の温度)の状態を適切に把握する能力(温度想像力)が備われば、地域の気候風土を活かして、快適に過ごす住まい方、延いては「住みこなし」が実現されると考えられる。本研究では、住まい手向けに「温度想像力」を養う機会を介入実験として創ることを考えた。具体的には、住まい手が空間の温度を想像した後に、実際の温度を確認する作業を何度か繰り返すことによって、「温度想像力」が養成されるか否かを明らかにした。以上を札幌・福山・熊本の被験者を対象にして、夏季・秋季・冬季に行なった⁴⁾。

その1では、住まい手の地域・季節ごとの住まい方や「暑がり」「寒がり」の特性が熱的感覚(暑熱感や快・不快感)に与える影響について述べる。特に夏季の暑熱環境下での人体熱ストレスに関する地域特性と個人特性(暑がり・寒がり)について想像温度を用いて評価した。

2. 研究方法

表1に介入実験の概要を示す。実験は、札幌市立大学と福山大学の学生、熊本県立大学の学生・職員を被験者とし、熊本県立大学生命倫理審査委員会の承認(受付番号01-15)を得て実施した。実験は、夏季・秋季・冬季において同じ被験者に参加してもらい、日常生活と実験室での2種類とした。なお、継続して実験に参加した被験者とは別に、温度想像力の養成プロセスの違いを確認するため、札幌と熊本では季節ごとに新規の被験者2名を加えた。実験期間は、2018年に行なった「四季の長さのイメージ」でのアンケート結果³⁾を参考にして決めた。

2-1. 普段の住まい方に関する事前アンケート

想像温度は、住まい手自身のこれまでの記憶・経験情報が影響している²⁾。本実験では、被験者が普段どのような熱環境下で過ごしているのかを具体的に把握するため、実験前にアンケート調査を実施した。具体的には、被験者の「暑がり」「寒がり」の主観申告、耐暑・耐寒の許容限界の想像温度、冷暖房機器の使用時間や環境調

表1 介入実験の概要

【夏季】	
【対象】	札幌：学生11名(男2・女9) 福山：学生8名(男8) 熊本：学生8名(男4・女4)、職員6名(男1・女5)
【期間】	札幌、熊本：2019/8/3～9(7日間) 福山：2019/7/26～8/4(10日間)
【秋季】	
【対象】	札幌：学生13名(男4・女9) 福山：学生8名(男8) 熊本：学生10名(男4・女6)、職員6名(男1・女5)
【期間】	札幌：2019/10/21～27(7日間) 福山、熊本：2019/10/30～11/5(7日間)
【冬季】	
【対象】	札幌：学生13名(男4・女9) 福山：学生8名(男8) 熊本：学生10名(男4・女6)、職員6名(男1・女5)
【期間】	札幌：2020/2/8～14(7日間) 福山：2020/2/5～11(7日間) 熊本：2020/1/27～2/2(7日間)

※実験室調査 期間中の平日(5日間)、実験前後にアンケート

【温度手帳の内容】

- ①申告時の服装、②想像温度、③屋外の想像温度、④寒暑感
- ⑤快適感、⑥実際の温度、⑦申告前の行動、⑧時間と場所
- ⑨天気予報視聴の有無、⑩自信度(7段階)

※⑨は各日1回目のみ申告、⑩は各日の最後に1回のみ申告

整行動の種類の数などである。

2-2. 日常生活調査(熱環境と申告調査)

調査期間中、被験者が日常曝されている熱環境を把握するため、空気温湿度計を終日携帯してもらい、2分間隔で計測した。その際、任意の場所・時間にて想像温度・寒暑感・快適感などを「温度手帳」と呼ぶ記録帳に1日3回(最高5回)を目安に申告し、毎申告後に実際の空気温度の示度を確認・記録してもらった。なお、熊本の職員は、実験期間を平日の勤務時間(9:30～16:30)とした。

2-3. 実験室調査(熱環境と申告調査)

各地域の被験者のうち4名には、日常生活調査に加えて1日1回、時間を指定して実験室内で同様の調査を実施した。具体的には、「あまり快適ではない」とされる空間

(エアコン設定温度：夏季 29℃、秋季未使用、冬季 19℃)と、「快適」とされる空間(エアコン設定温度：夏季 25℃、秋季未使用、冬季 22℃)を想定した実験室に入室してもらい、被験者には室内の想像温度・寒暑感・快適感と表面温度分布を申告してもらった後に、赤外線放射カメラの画像で表面温度分布を確認してもらった。

なお、調査前後で自らの熱環境に対するイメージや意識にどのような変化が顕れたかを確認するために、最後にアンケート調査を実施した。

3. 普段の住まい方に関する事前アンケートの結果

表2は夏季・秋季・冬季の事前アンケートの結果(平均値)を札幌・福山・熊本別に示したものである。熊本は学生と職員を分けて示した。防暑行動は「暑い」と感じた時、防寒行動は「寒い」と感じた時に、「不快ではない」、もしくは「快適」にしようとする環境調整行動で、例えば水やお湯を飲む、窓を開閉するなどがある。

夏季では、耐暑限界の想像温度(平均)は、札幌 29.8℃、福山 30.0℃、熊本学生 31.8℃(職員 29.5℃)で熊本学生の耐暑限界の想像温度が最も高い。また、冷房滞在時間も札幌 7.7h/日、福山 11.4h/日、熊本学生 16.6h/日(職員 18.3h/日)で熊本学生・職員が長い傾向がみられる。なお、熊本職員の耐暑限界の想像温度が 29.5℃であるのは、勤務時間に冷房室にいることが多いので、室温 26~28℃程度に制御されていることに慣れて

ここで、夏季の「暑がり」と「寒がり」を比較すると、

耐暑限界の想像温度は3地域とも「暑がり」が「寒がり」よりも低い傾向にある。それに関連して、防暑行動数(熊本学生を除く)、冷房滞在時間(熊本学生・職員を除く)は「暑がり」が「寒がり」を顕著に上回っている。

秋季になると、夏季にみられた耐暑限界の想像温度(平均)の地域差は札幌 30.2℃、福山 30.3℃、熊本学生 31.9℃(職員 29.3℃)で夏季とほとんど変わらない。一方、耐寒限界の想像温度(平均)は、札幌 4.1℃、福山 9.8℃、熊本学生 10.3℃(職員 7.7℃)で緯度が上がるほど耐寒限界の想像温度が低い傾向がみられる。また、「暑がり」・「寒がり」の耐寒限界の想像温度を3地域で比較すると、札幌を除くと「寒がり」が「暑がり」より高い。それに関連して、防寒行動数(熊本職員を除く)は「寒がり」が「暑がり」を上回っている。

冬季では、耐寒限界の想像温度(平均)は、札幌 -1.6℃、福山 6.9℃、熊本学生 7.8℃(職員 7.3℃)で緯度が上がるほど耐寒限界の想像温度が低く、暖房滞在時間が長い傾向がみられる。耐寒限界の想像温度の地域差は、秋季よりも全体で 3~5℃低下している(熊本職員を除く)。これは秋季から冬季にかけて被験者が寒冷馴化した可能性があると考えられる。また、熊本職員は「暑がり」の耐寒限界の想像温度が「寒がり」よりも顕著に低いわりに、暖房滞在時間が少ない。これは、秋季と冬季に暖房空間で過ごす時間が大半であるため、耐寒限界の想像温度に変化がないと考えられる。

表2 夏季・秋季・冬季の事前アンケートの結果(平均値)

		被験者数		耐暑限界の想像温度(℃)		防暑行動数		冷房滞在時間(h/日)		耐寒限界の想像温度(℃)		防寒行動数		暖房滞在時間(h/日)	
		暑がり	寒がり	暑がり	寒がり	暑がり	寒がり	暑がり	寒がり	暑がり	寒がり	暑がり	寒がり	暑がり	寒がり
<夏季>	札幌	全被験者(n=11)		29.8		7.0		7.7 (n=10)		-		-		-	
		暑がり(n=7)	寒がり(n=4)	29.6	30.3	7.4	6.3	8.6	5.7	-	-	-	-	-	-
	福山	全被験者(n=8)		30.0		5.5		11.4		-		-		-	
		暑がり(n=4)	寒がり(n=4)	27.5	32.5	6.5	4.5	14.3	8.5	-	-	-	-	-	-
	熊本学生	全被験者(n=8)		31.8		5.6		16.6		-		-		-	
		暑がり(n=6)	寒がり(n=2)	30.7	35.0	5.3	6.5	15.2	21.0	-	-	-	-	-	-
熊本職員	全被験者(n=6)		29.5		5.3		18.3		-		-		-		
	暑がり(n=4)	寒がり(n=2)	29.3	30.0	6.8	2.5	16.5	22.0	-	-	-	-	-	-	
<秋季>	札幌	全被験者(n=13)		30.2		6.9		7.6 (n=10)		4.1		3.9		8.8 (n=12)	
		暑がり(n=4)	寒がり(n=8)	29.8	30.3	6.5	6.8	3.5	9.1	5.0	3.1	2.8	4.5	4.7	10.9
	福山	全被験者(n=8)		30.3		6.6		9.6		9.8		4.0		8.8	
		暑がり(n=3)	寒がり(n=5)	27.7	31.8	8.3	5.6	12.7	7.8	7.7	11.0	3.0	4.6	10.0	8.0
	熊本学生	全被験者(n=10)		31.9		8.0		7.9		10.3		4.4		4.8	
		暑がり(n=9)	寒がり(n=1)	31.8	33.0	8.2	6.0	7.8	8.0	8.7	25.0	4.3	5.0	5.3	0.0
熊本職員	全被験者(n=6)		29.3		6.7		5.5		7.7		4.5		4.7		
	暑がり(n=4)	寒がり(n=2)	29.5	29.0	8.8	2.5	6.3	4.0	6.5	10.0	4.8	4.0	2.5	9.0	
<冬季>	札幌	全被験者(n=13)		29.5		5.9		-		-1.6		3.8		16.2	
		暑がり(n=3)	寒がり(n=9)	28.7	29.2	6.4	5.6	-	-	-11.7	1.6	3.0	3.9	13.3	17.2
	福山	全被験者(n=8)		30.8		6.0		-		6.9		5.0		12.4	
		暑がり(n=3)	寒がり(n=5)	27.7	32.7	7.3	5.2	-	-	4.3	8.4	5.7	4.6	6.8	15.8
	熊本学生	全被験者(n=10)		30.4		7.1		-		7.8		4.6		11.6	
		暑がり(n=7)	寒がり(n=3)	29.4	32.7	7.9	5.3	-	-	6.1	11.7	4.9	4.0	11.2	12.3
熊本職員	全被験者(n=6)		29.3		5.3		-		7.3		4.5		12.4		
	暑がり(n=5)	寒がり(n=1)	29.2	30.0	6.0	2.0	-	-	5.4	17.0	4.6	4.0	12.4	12.5	

※「-」は調査対象外

4. 各地域の外気温と被験者近傍の空気温度

図1～3は、夏季・秋季・冬季の外気温と日常生活調査での被験者近傍の空気温度の分布である。

夏季においては、札幌は外気温よりも高い温度帯で過ごすことが多いのに対して、福山と熊本は外気温よりも低い温度帯で過ごすことが多い。これは、札幌は通風空間が多く、福山・熊本は冷房空間で過ごしている時間が多いためと考えられる。これは、表1で示した冷房滞在時間にも現れていたことである。

また、札幌の「寒がり」は「暑がり」よりも平均値で1.2℃、福山は2.2℃高い温度帯で過ごしている。しかし、熊本学生・職員の「寒がり」には同じ傾向はみられず、熊本学生の「暑がり」が最も温度幅が広い。熊本は3地域の中で外気温が最も高い環境下で「暑がり」・「寒がり」は関係なく、終日に渡って冷房空間に居ることを示している。これは、近傍の空気温度幅が一番短い熊本職員の結果に現れている。

秋季・冬季では、全地域の被験者が外気温よりも高い温度帯(17～25℃程度)で過ごしている。秋季の熊本学生と冬季の福山と熊本学生・職員では「寒がり」が「暑がり」よりもやや高い温度帯で過ごしている。秋季・冬季の熊本職員は熊本学生よりも高い温度帯、つまり、暖房空間で多くの時間を過ごしていることがわかる。

冬季の札幌の被験者は、外気温が他地域よりも約6～11℃低いにもかかわらず、他地域と同等の高い温度帯で過ごしていて、「寒がり」の温度幅が最も広い。これは、札幌の外気温が3地域の中で最も低い環境下で、札幌の建築空間が他地域よりも暖房設備や断熱性が充実していることが背景にあると考えられる。また、暖房滞在時間も一番長いことが表2のアンケート結果からも明らかになっている。

5. 夏季の暑熱不快感と実際温度・想像温度

図4と5は、夏季の日常生活と実験室の調査において、暑熱・不快感と想像温度、実際温度の関係を累積度数分布図である。暑熱・不快感は、寒暑感の「とても暑い」・「暑い」申告と快適感の「とても不快」・「不快」・「やや不快」申告を合わせて集計した(以下、「暑熱不快」)。黒線が全被験者、橙線が「暑がり」、青線が「寒がり」で、それぞれ左から札幌・福山・熊本学生の順である。熊本職員は終日、冷房環境下にいるので除外した。

図4において「暑がり」・「寒がり」のそれぞれ80%が暑熱不快を感じる時が、耐暑限界に達したと仮定する。この時、札幌・福山・熊本学生(全被験者)の耐暑限界の想像温度はそれぞれ30.7℃、31.8℃、32℃で緯度が低くなるほど耐暑限界の想像温度は高い傾向にある。これは図5の実際温度についても同じである。

同じように、札幌の「暑がり」・「寒がり」の耐暑限界の想像温度をみると30℃・31.9℃である。「暑がり」のほうが「寒がり」よりも暑熱不快に達する温度が想像温度としては約2℃低い。図5の実際温度でみると、札幌の

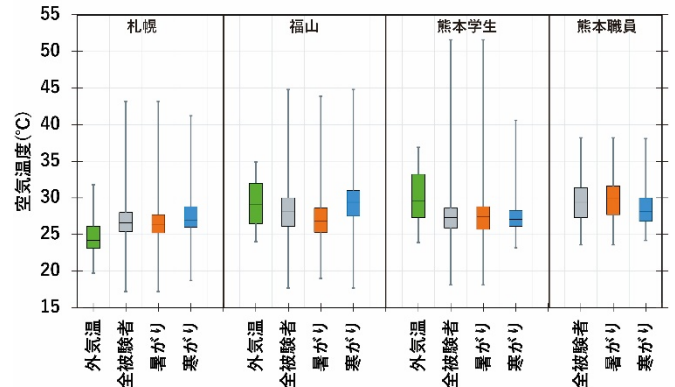


図1 夏季の外気温・被験者近傍の空気温度

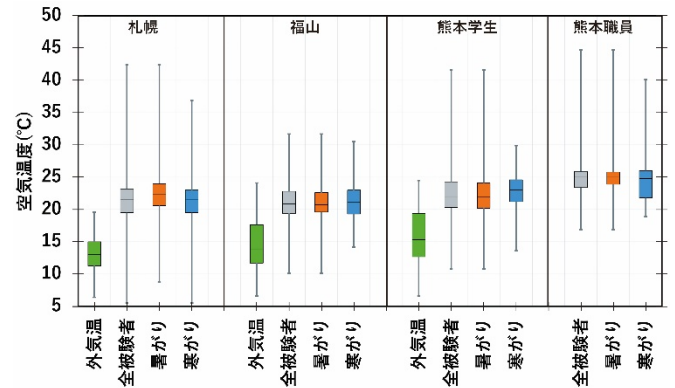


図2 秋季の外気温・被験者近傍の空気温度

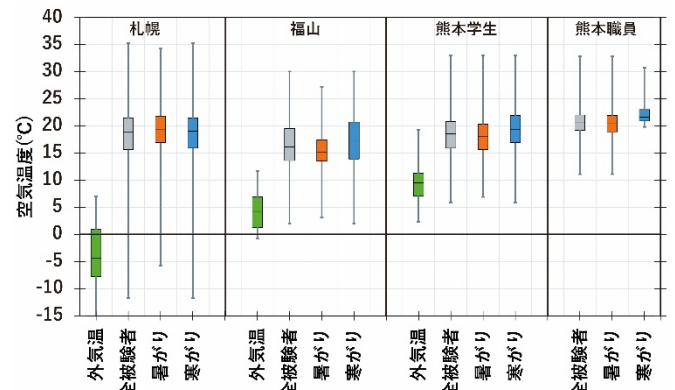


図3 冬季の外気温・被験者近傍の空気温度

「暑がり」・「寒がり」で30.8℃・31.9℃で、約1℃の差がある。

同様に、図4の福山の「暑がり」・「寒がり」の暑熱不快に達する想像温度は30.3℃・32.3℃、実際温度では32.4℃・32.8℃で、「暑がり」と「寒がり」に0.4～2℃の差がある。以上の結果は、表2で示した事前アンケート調査の「耐暑限界の想像温度」で「暑がり」が「寒がり」よりも低い関係にあることに対応する。

一方、図4の熊本学生の「暑がり」・「寒がり」の想像温度は32.9℃・29.6℃で、「暑がり」と「寒がり」の暑熱不快に達する想像温度が札幌・福山とは逆の関係になっている。これは図5の実際温度についても同様である(表

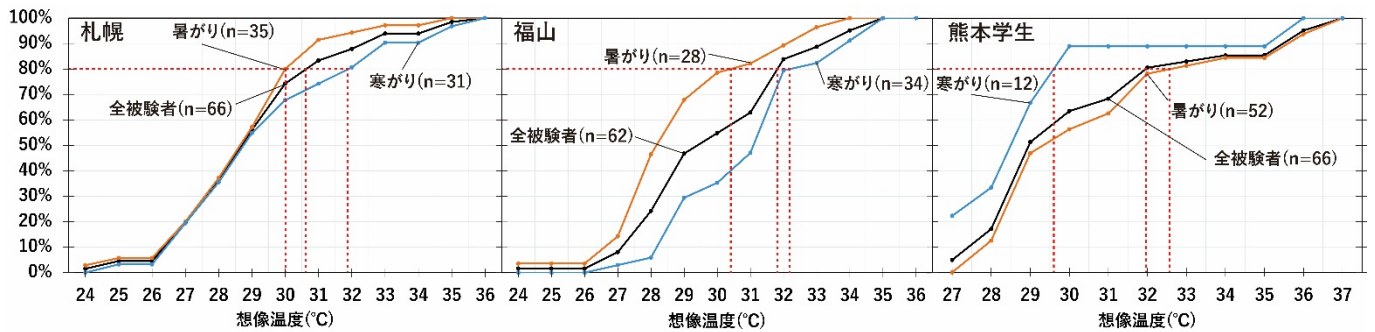


図4 夏季の暑熱・不快感と想像温度(札幌・福山・熊本学生)

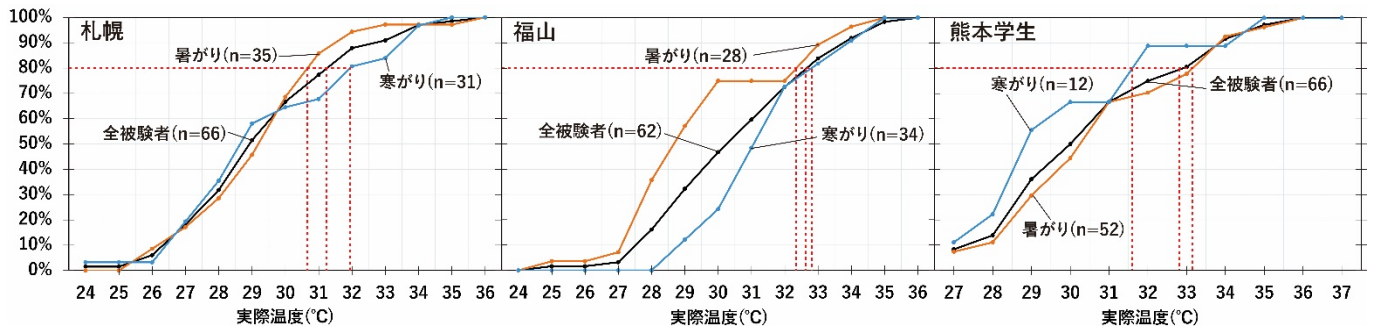


図5 夏季の暑熱・不快感と実際温度(札幌・福山・熊本学生)

2の耐暑限界の想像温度は「暑がり」<「寒がり」)。熊本で「暑がり」の暑熱不快に達する想像温度が「寒がり」よりも高く出た理由として、以下の3点が考えられる。1) 熊本では、「寒がり」といっても日中の外気温は35℃以上の毎日で、ほとんどの部屋が冷房されていて、1日の大半を冷房室で過ごすざるを得なかったこと。2) 札幌・福山では、「寒がり」ならば冷房室で過ごす時間を短くして、通風室で過ごす選択ができたこと。3) 熊本の日常生活調査では、冷房室から屋外への移動時の申告が(いくらか)含まれていてその影響が出ている可能性があるなどのことである。

上記の2)については、札幌・福山では「暑がり」と「寒がり」の違いに対応して自分が滞在する温熱環境を選択する余地があるのに対して、熊本では選択の余地がない可能性があると考えられる。以上より、夏季の「住みこなし」を実現するためには、地域性を踏まえた上で、個人の「暑がり」と「寒がり」の特性を考えるとと言える。

図4と5の結果(累積度数分布の線の傾きと位置)は地域別にみると非常に似ている。これは、同じ被験者が夏季・秋季・冬季に5日間連続で行なったもので、5日間の中で各被験者の「温度想像力」が少なからず養成された結果が現れていると考えられる。

6. まとめ

- 1) 札幌・福山・熊本では、耐暑・耐寒限界の想像温度と冷暖房滞在時間、防暑・防寒行動数には季節ごとに地域差がみられた。

- 2) 冷暖房滞在時間や周囲環境の影響を受けて、「暑がり」・「寒がり」の被験者で過ごす空間の空気温度帯が異なっていた。
- 3) 夏季の暑熱不快感と想像温度、実際温度は、札幌と福山では「暑がり」が「寒がり」よりも想像温度が低く、熊本では同じ傾向がみられなかった。

※本研究は、JSPS 科研費 JP19K04731 の助成を受けて実施した。また、本研究で使用した福山の調査データは、研究当時(2019年度)福山大学工学部4年生の秋山駿太君と難波陸君の協力により得た。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 斉藤雅也、辻原万規彦：ヒトの熱環境適応と想像温度に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.33-36、2017.9
- 2) 斉藤雅也、辻原万規彦：ヒトの想像温度の形成プロセスに関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.269-272、2018.9
- 3) 斉藤雅也、辻原万規彦：ヒトの想像温度と季節感の特性 その1. 想像温度と季節感、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.225-226、2019.9
- 4) 伊澤康一、難波陸、秋山駿太、中村きらら、原大介、中谷航平、斉藤雅也、辻原万規彦、岡本孝美：室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究～福山における夏季・秋季調査～、日本建築学会中国支部、pp.365-368、2020.3
- 5) 中村きらら、原大介、中谷航平、斉藤雅也、辻原万規彦、伊澤康一、岡本孝美：室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究～札幌・福山・熊本における夏季・秋季の被験者実験、日本建築学会研究報告九州支部、第59号、pp.257-260、2020.3

*1 札幌市立大学大学院

Sapporo City University

*4 福山大学 准教授・博士(工学)

Assoc.Prof., Fukuyama University, Dr.Eng.

*2 熊本県立大学大学院

Prefectural University of Kumamoto

*5 熊本県立大学 教授・博士(工学)

Prof., Prefectural University of Kumamoto, Dr.Eng.

*3 (株)石本設計事務所・修士(デザイン学) Ishimoto architectural & engineering firm, inc., Mr. Dsi.

*6 札幌市立大学 教授・博士(工学)

Prof., Sapporo City University, Dr.Eng.