

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・熊本における夏季と秋季の被験者実験～

正会員○中村きらら*¹ 同 原 大介*² 同 中谷航平*²

同 斉藤雅也*³ 同 辻原万規彦*⁴ 同 伊澤康一*⁵ 同 岡本孝美*⁶

4. 環境工学-11. 環境共生型建築 (建築熱環境デザイン) 環境工学

想像温度, 介入実験, 温度手帳, 自信度, 住みこなし

1. はじめに

環境共生住宅などの環境に配慮した建築が増えているが、住まい方によっては住宅が本来持っている高い性能を十分に引き出せていない場合がある。この問題を解消するためには、地域の季節や住宅の性能に対応した環境調整行動の集積として現われる「住みこなし」に至るプロセスを住まい手が体得することが重要である。

地域の気候風土を活かす「住みこなし」の実現には、自らが過ごす熱環境の状態を把握する力を備えている必要がある。筆者らは、まず、想像温度(「いま何℃であるか」として、空間の温度を意識・想像する能力(「温度想像力」)が求められると考えた。さらに、この想像温度の値が実際の空気温度(気温)やMRTに概ね近い値であると、その後の環境調整行動をより適切に選択できるのではないかと予想した。

本研究では、札幌・福山・熊本の学生と職員を対象に、夏季¹⁾と秋季に介入実験を行ない、温度想像力が養成されるかを検証した。

2. 被験者実験の概要

表1に被験者実験の概要を示す。実験は、熊本県立大学生命倫理審査委員会の承認を得て実施した。

実験期間は、四季の長さのイメージについて、札幌・熊本の大学生に対して2018年に行なったアンケート結果を参考に決定した²⁾。実験期間中は、被験者に空気温湿度計を終日、携帯してもらい、2分間隔で被験者の過ごす熱環境を計測した。また、被験者には、「温度手帳」と呼ぶ記録帳に1日3回(最高5回)を目安に、任意の場所・時刻で想像温度・寒暑感・快適感などを申告してもらい、その後実際に気温を記録・確認してもらうことで、温度想像力の養成を試みた。ただし、熊本の職員は、実験期間中の土日・祝日を除く平日の、勤務時間(9:30~16:30)のみに申告を行ない、空気温湿度計と温度手帳は自宅へは持ち帰らないこととした。

表1 被験者実験の概要

【夏季】	
【対象】	札幌市立大学: 学生11名(女性9名, 男性2名) 福山大学: 学生8名(男性8名) 熊本県立大学: 学生8名(女性4名, 男性4名) 職員6名(女性5名, 男性1名)
【期間】	札幌: 2019年8月3日~8月9日(7日間) 福山: 2019年7月26日~8月4日(10日間) 熊本: 2019年8月3日~8月9日(7日間) ※職員は8月5日~8月9日(平日5日間)
【温度手帳の内容】	①申告時の服装 ⑥実際の温度 ②想像温度 ⑦申告前の行動 ③屋外の想像温度 ⑧時間と場所 ④寒暑感(7段階) ※⑨天気予報視聴の有無 ⑤快適感(7段階) ※⑩自信度(7段階) ※⑨は各日の1回目のみ申告, ⑩は各日の最後に1回のみ申告
【秋季】	
【対象】	札幌市立大学: 学生13名(女性9名, 男性4名) 福山大学: 学生8名(男性8名) 熊本県立大学: 学生10名(女性6名, 男性4名) 職員6名(女性5名, 男性1名)
【期間】	札幌: 2019年10月21日~10月27日(7日間) 福山: 2019年10月30日~11月5日(7日間) 熊本: 2019年10月30日~11月5日(7日間) ※職員は10月30日~11月8日(祝日を除く平日7日間)
【温度手帳の内容】	①申告時の服装 ⑦申告前の行動 ②想像温度 ⑧申告時の室内の状態 ③屋外の想像温度 ⑨時間と場所 ④寒暑感(9段階) ※⑩天気予報視聴の有無 ⑤快適感(4段階) ※⑪自信度(7段階) ⑥実際の温度 ※⑩は各日の1回目のみ申告, ⑪は各日の最後に1回のみ申告

3. 実験期間中の外気温と各被験者近傍の気温

図1は夏季、図2は秋季の実験期間中の札幌・福山・熊本の外気温の推移である。また、夏季と秋季のそれぞれの地域の実験期間中の最高外気温、最低外気温、平均外気温を表2に示す。夏季は、札幌で日中30℃を超える真夏日が3日あったが、熊本では、毎日日中に34℃を超えており、3つの地域の中では最も暑い環境下であった。一方、秋季は、札幌の平均外気温が福山・熊本よりも約2~3℃低く、最も寒い環境下であった。

図3は、実験期間中の被験者が終日、携帯した空気温湿度計による近傍の気温で、左が夏季、右が秋季である。地域ごとに全被験者のデータをまとめて示した。夏季は、札

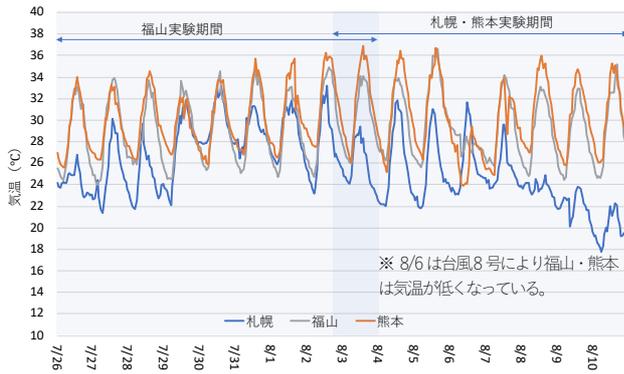


図1 夏季実験期間中の外気温の推移

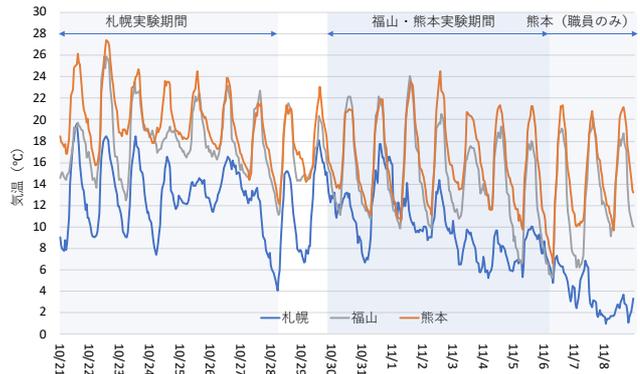


図2 秋季実験期間中の外気温の推移

表2 夏季と秋季の実験期間中の外気温一覧

	夏季 外気温 (°C)			秋季 外気温 (°C)		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均
札幌	31.8	17.8	24.3	19.6	7.1	13.1
福山	34.9	24.0	29.3	24.1	6.6	14.8
熊本	36.9	23.9	30.1	24.5	9.8	16.4

札幌では約25~28°C、福山では約26~30°C、熊本では約27~30°Cの環境下で過ごしていた。福山・熊本では、平均外気温が30°C前後であるのに対して、被験者は概ね28°C前後の環境下で過ごしているため、冷房空間で過ごす被験者が多かったと考えられる。秋季は、札幌では約20°C~23°C、福山では約20~22°C、熊本では約21~25°Cの環境下で過ごしていた。

図4は、秋季の申告時に、被験者が滞在した室内の状況である。地域ごとに全被験者の申告をまとめて示した。札幌では、窓はほとんど開けず、暖房器具の使用が約40%、エアコン（暖房³⁾の使用が20%近くみられた。福山・熊本では、札幌よりも窓を開けて過ごすことが多く、暖房器具とエアコン（暖房）の使用は札幌に比べて少なかった。これは、秋季の札幌は福山・熊本よりも早く外気温が低下するのに対して、福山・熊本は札幌に比べて、暖房を必要としない熱環境が長く続いたことが理由と考えられる。

4. 寒暑感・快適感と想像温度の関係

図5~8は、寒暑感・快適感と想像温度の関係を地域ごとに全被験者の申告をまとめて示したものである。寒暑感は「寒い側」、「どちらでもない」、「暑い側」、快適感は「快適側」、「どちらでもない」、「不快側」の3つに分類した。3つの分類と被験者の実際の申告との対応は、表3に示す通りである。

夏季では、札幌・福山・熊本ともに「暑い」と「不快」を申告した人の想像温度が高かった。一方、秋季の熊本では、夏季と同じように「暑い」と「不快」を申告した人は

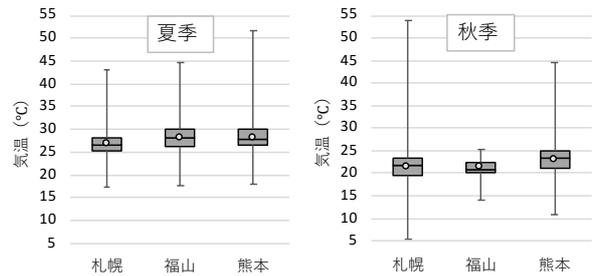


図3 被験者近傍の気温（左：夏季、右：秋季）

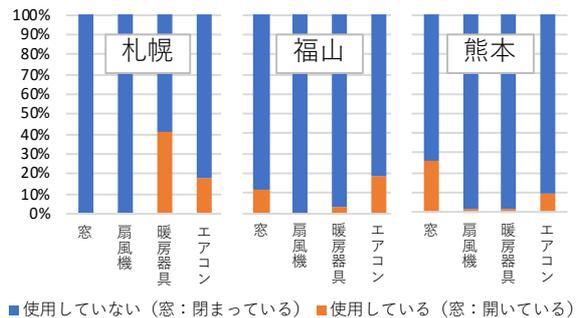
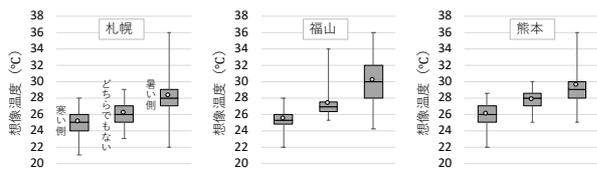


図4 秋季実験期間中の被験者が滞在した室内の状況

表3 夏季と秋季の寒暑感・快適感の分類

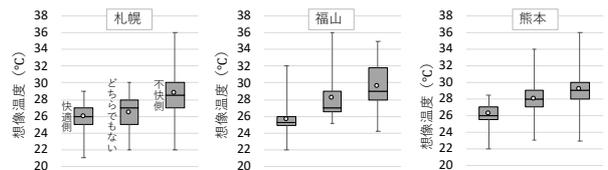
		夏季	秋季
寒暑感	寒い側	・とても寒い ・寒い ・涼しい	・とても寒い ・寒い ・やや寒い ・涼しい
	どちらでもない	・どちらでもない	・暑くも寒くもない
	暑い側	・暖かい ・暑い ・とても暑い	・暖かい ・やや暑い ・暑い ・とても暑い
快適感	快適側	・とても快適 ・快適 ・やや快適	・快適
	どちらでもない	・どちらでもない	・不快でない
	不快側	・やや不快 ・不快 ・とても不快	・不快 ・とても不快

それ以外を申告した人よりも想像温度が高いが、札幌・福山では「暑い」と「寒い」に対する想像温度は概ね同じ範囲であった。さらに、「不快」と申告した人の想像温度は、



(各図において、左：寒い側/中央：どちらでもない/右：暑い側を示す。)

図5 夏季における寒暑感別の想像温度



(各図において、左：快適側/中央：どちらでもない/右：不快側を示す。)

図7 夏季における快適感別の想像温度

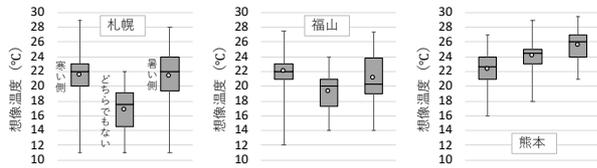


図6 秋季における寒暑感別の想像温度

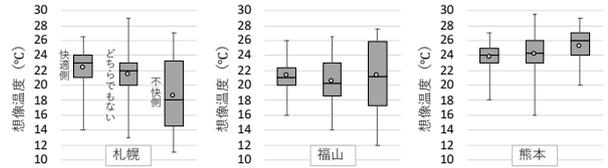


図8 秋季における快適感別の想像温度

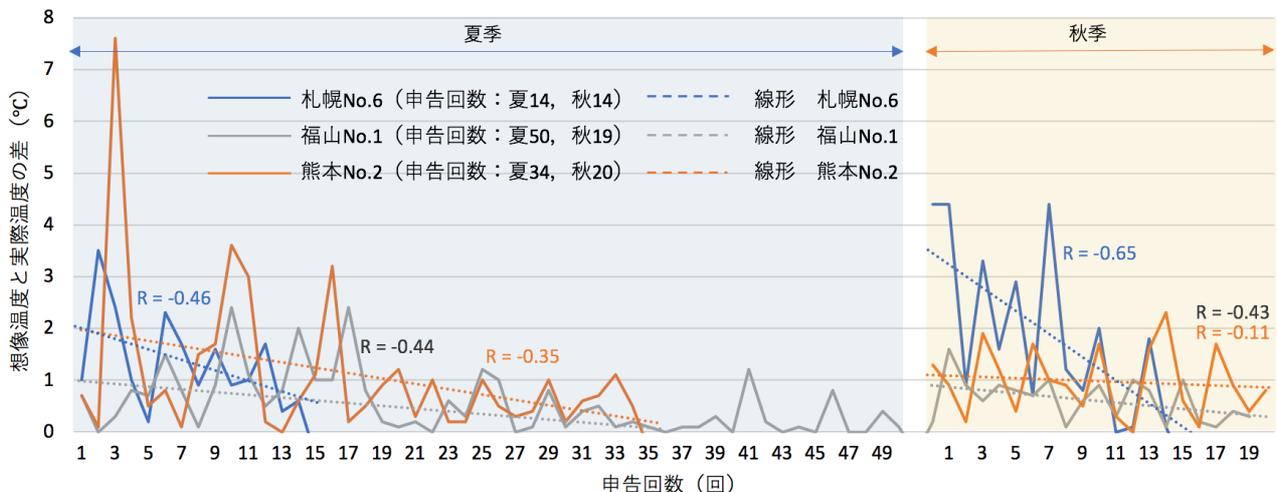


図9 想像温度と実際温度の差と通算申告回数

札幌では15~23℃、福山では17~26℃で、それ以外を申告した人の場合や熊本よりも広い範囲を示した。これは、秋季の寒暖差によって「寒くて不快」と「暑くて不快」の2つの不快申告の影響が出ているためと考えられる。

5. 通算申告回数と温度想像力の養成の関係

札幌・福山・熊本の3名の被験者の結果を一例として、想像温度と被験者近傍の気温（以下、実際温度とする）の差（絶対値）の推移を図9に示す。

実験開始からの通算の申告回数が増えるほど、想像温度と実際温度の差が小さくなる傾向がある。札幌の被験者は、福山・熊本の被験者よりも通算申告回数は少ないが、夏季と秋季のそれぞれの最後の申告における想像温度と実際温度の差はほぼ0になる。ただし、夏季に想像温度と実際温度の差が小さくても、秋季の初めには差が再び開き、実験終盤で差が小さくなる。一方、福山の被験者は、夏季の実験終盤ではほとんど誤差なく実際温度を想像できるようになっており、秋季でも差は1℃以内で、温度想像力が高いことがわかる。熊本の被験者は、夏季の実験序盤で

は、想像温度と実際温度との差は7~8℃で大きいですが、通算申告回数が増えるにつれて差は小さくなり、秋季でも夏季の実験序盤ほど大きな差はない。

6. 自信度と想像温度・実際温度の関係

図10と11は、想像温度と実際温度の関係を「自信度」別に示したものである。自信度は1日の最後にきいたため、同じ日の申告はすべて同じ自信度として、全被験者の申告をまとめて示した。自信度は「自信がたった」、「どちらでもない」、「自信がない」の3つに分類した。3つの分類と被験者の実際の申告数は、表4に示す通りである。

札幌では、夏季は「どちらでもない」と申告した人の方が想像温度と実際温度との相関は高く、秋季は「自信がたった」と申告した人の相関が高い。福山では、夏季は「どちらでもない」と申告した人の相関が0.97と非常に高く、秋季は「自信がたった」と申告した人の相関が0.89と非常に高い。熊本では、夏季と秋季ともに「自信がたった」と申告した人の相関が最も高い。福山の夏季を除くと、すべて「自信がない」と申告した人よりも「自信がたった」

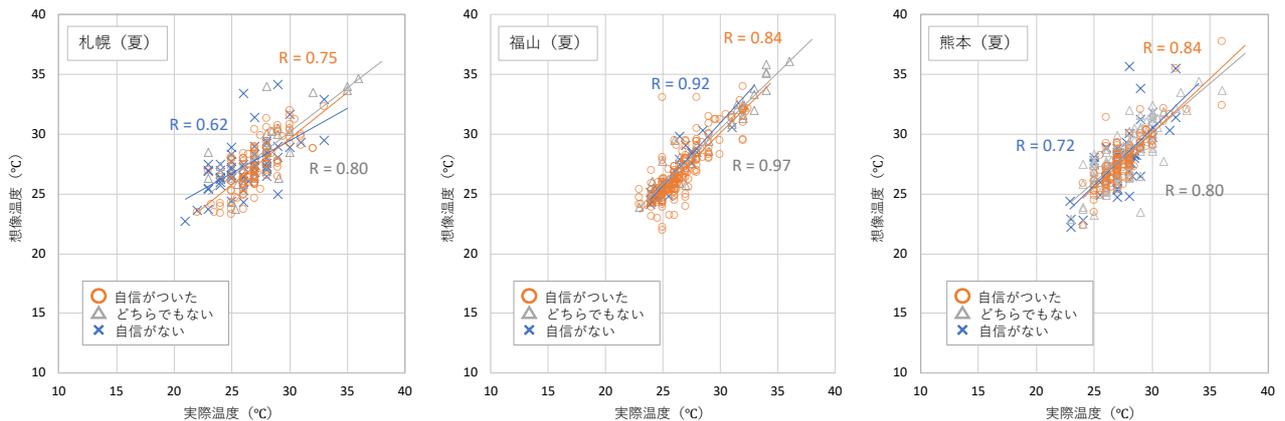


図 10 夏季の自信度と想像温度・実際温度の関係

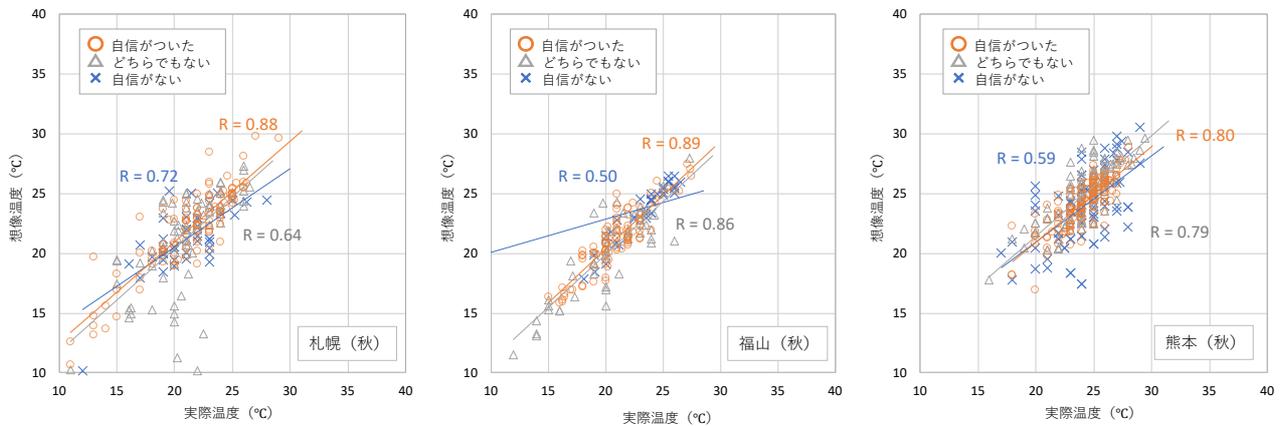


図 11 秋季の自信度と想像温度・実際温度の関係

表 4 夏季と秋季の自信度の分類別申告数

		分類		申告数	
		夏季	秋季	夏季	秋季
自信度	自信がたった	・かなり自信がたった ・自信がたった ・やや自信がたった		札幌:110 福山:198 熊本:130	札幌:107 福山:89 熊本:156
	どちらでもない	・どちらでもない		札幌:31 福山:39 熊本:119	札幌:72 福山:52 熊本:111
	自信がない	・やや自信がない ・自信がない ・全く自信がない		札幌:61 福山:23 熊本:68	札幌:42 福山:37 熊本:83

と申告した人の方が相関は高く、「自信がたった」と感じた人は実際に想像温度が実際温度に近づいたと考えられる。したがって、毎回の温度計の示度確認によって温度想像力が養われ、自信度が上がったと言える。

7. まとめ

想像温度の申告と実際温度の確認の機会が増すと、想像温度と実際温度の差は小さくなる傾向があり、「温度想像力」を養成することは可能であると考えられる。また、想像温度が実際温度に近いことに対する自信度については、「自信がたった」とする人は、「自信がない」人よりも、想像温度と実際温度に高い相関がみられた。

本実験では、想像温度を申告した後に、実際温度を確認する作業を繰り返し行っているため、示度としての言語情報の蓄積による記憶・経験が「温度想像力」の養成につながったと考えられる。しかし、夏季から秋季にかけて実験がないことで一定の期間があくと、想像温度と実際温度の差が再び現れていた。したがって、いま、自分は何℃の環境にいるのかを意識・想像し、継続的に示度を確認する機会の提供が必要であると考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19K04731 の助成を受けたものである。また、本研究で使用した福山のデータは、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・注

- 1) 夏季の実験結果の一部は、次の文献で報告した。原大介, 中村きらら, 辻原万規彦, 伊澤康一, 斉藤雅也: 夏季の気候特性や熱的履歴が想像温度に与える影響～札幌・福山・熊本における被験者実験～, 日本太陽エネルギー学会講演論文集, pp. 254-257, 2019. 10.
- 2) 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
- 3) 質問内容はエアコンの使用の有無のみであるが、申告時の被験者近傍の気温は外気温よりも高かったため、暖房と仮定した。

* 1 熊本県立大学大学院
* 2 札幌市立大学大学院
* 3 札幌市立大学 教授・博士 (工学)

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

* 4 熊本県立大学 教授・博士 (工学)
* 5 福山大学 准教授・博士 (工学)
* 6 熊本県立大学 助手・修士 (工学)

Prof., Prefectural University of Kumamoto, Dr.Eng.
Assoc.Prof., Fukuyama University, Dr.Eng.
Assistant, Prefectural University of Kumamoto, M.Eng.