

熱環境に対する「温度想像力」養成に関する研究

～札幌・福山・熊本における2019年夏季と2020年夏季の被験者実験～

正会員○中村きらら*1 同 中谷航平*2 同 廣林大河*2
同 齊藤雅也*3 同 辻原万規彦*4 同 伊澤康一*5 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

ZEBやZEHなどの環境に配慮した、化石エネルギーの使用を極限にまで抑えた建築が増えているが、住まい方によっては建築が本来持つ高い性能を引き出せない場合がある。この問題を解消するには、地域の季節や建築の性能に対応した環境調整行動の集積としての「住みこなし」が求められる。そして、そのためには、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。そして、この想像温度の値が実際の空気温度(気温)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・熊本の大学生と大学職員を対象に、2019年夏季から2020年夏季にかけて、季節ごとに同じ人に5回通しての介入実験を行ない、温度想像力が養成されるかを検証した¹⁾。本稿では、最初の2019年夏季²⁾と最後の2020年夏季の結果と考察を主に述べる。

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。

実験期間中は、被験者に自記式の空気温湿度計を終日、携帯してもらい、2分間隔で記録した。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、その後に実際の気温を記録・確認してもらうことで、温度想像力の養成を試みた。

また、実験の前後で被験者の普段の生活での冷房使用頻度や環境調整行動について尋ねたアンケートをそれぞれの季節の実験ごとに実施した。

3. 実験期間中に被験者が滞在していた空間

図1は、実験期間中の全被験者の近傍の空気温湿度(平均・標準偏差)と、札幌・福山・熊本の外気温(AMEDAS)

表1 被験者実験の概要

【2019年 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】	
【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)
【冬季】	
【期間】	札幌: 2020年2月8日~2月14日(7日間) 福山: 2020年2月5日~2月11日(7日間) 熊本: 2020年1月27日~2月2日(7日間)
【春季】	
【期間】	札幌: 2020年5月11日~5月17日(7日間) 福山: 2020年5月12日~5月18日(7日間) 熊本: 2020年5月11日~5月17日(7日間)
【2020年 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7名(男性7名) 熊本県立大学: 学生7名(女性4名, 男性3名) 職員2名(女性2名)
【期間】	全地域: 2020年8月1日~8月7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

である。左が2019年夏季、右が2020年夏季である。2019年の夏季では、札幌でも30℃以上の真夏日が3日ほどあり、熊本でも毎日34℃を超えるなど暑い環境下であった。一方、2020年の夏季は、札幌で30℃を超える日はなく、福山・熊本でも2019年より2~3℃低い気温であった。

また、2019年夏季は、札幌は約25~28℃、福山は約26

～30℃、熊本は約 27～30℃の環境下で被験者は過ごしており、40℃を超える範囲は、空気温湿度計のセンサーが屋外で日射の影響を受けたことによると考えられる。2020 年夏季は、札幌・熊本では2019 年夏季と概ね同じ温度帯で、福山では約 26～28℃と少し低い。

図2に被験者が温度手帳に回答した場所の割合を示す。回答を勤務時のみとした熊本の職員は除いた。2019 年夏季は学校での回答もあるが、2020 年夏季は3地域とも70～80%が自宅での回答で、COVID-19 感染防止のために自宅で過ごす時間が2019 年よりも長くなったと考えられる。

図3は、2019 年夏季に被験者が申告時に滞在した室内の冷房の状況である。記録された温度が外気温よりも4℃以上低い場合を冷房空間、それ以外を非冷房空間とした。福山・熊本では半数が冷房空間に滞在していたのに対し、札幌では94%が非冷房空間に滞在していた（札幌の家庭用エアコンの普及率は30%程度）。

図4は、2020 年夏季に被験者が申告時に滞在した室内の環境と設備である。3地域とも扇風機の使用は少ない。福山・熊本では冷房空間にいる被験者が過半数いるのに対し、札幌の冷房使用は2割であるが、2019 年よりは増加した。札幌では、窓を開けている被験者が半数ほどいて、通風によって環境調整していたと考えられる。

4. 寒暑感・快適感と想像温度の関係

図5～8は、2019 年夏季と2020 年夏季の地域別の寒暑感・快適感と想像温度である。寒暑感と快適感は、申告をそれぞれ表2の通りに分類した。

2019 年夏季では、札幌・福山・熊本ともに、日中の外気温が高く、「暑い側」と「不快側」の想像温度が「寒い側」、「快適側」より高い。特に、寒暑感の「どちらでもない」の平均想像温度は、札幌で約 26℃、福山・熊本で約 28℃で、快適感の「不快でない」もほぼ同程度である。これは、寒冷地ほど、夏季に不快と感じる温度が低い傾向を示している。

2020 年夏季では、2019 年夏季と同様に、「暑い側」と「不快側」の想像温度が「寒い側」、「快適側」より高い。寒暑感の「どちらでもない」の平均想像温度は、札幌では約 25℃、福山では約 26℃、熊本では約 27℃で、2019 年夏季よりも1℃ほど低くなり、快適感の「不快でない」も福山・熊本は2020 年夏季よりも若干低くなった。これは、2020 年夏季では2019 年夏季よりも自宅での滞在時間が長く、冷房空間で長時間過ごしていた影響だと考えられる。

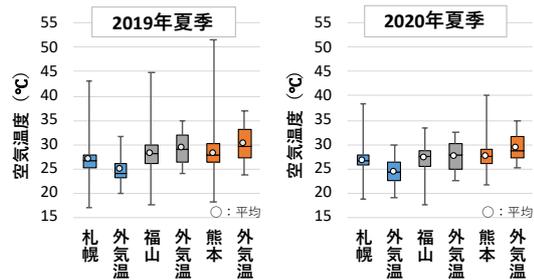


図1 被験者近傍の気温（左：2019 年，右：2020 年）

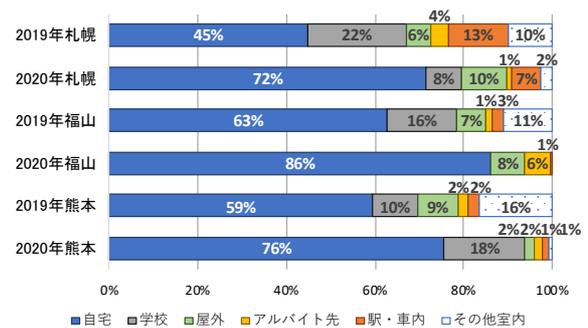


図2 被験者が回答した場所の割合

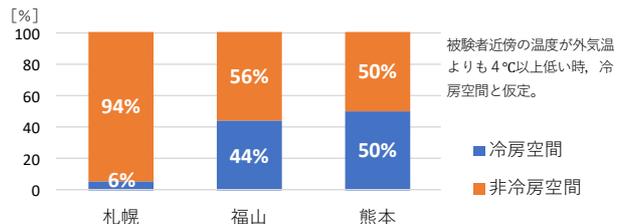


図3 2019 年夏季 申告時に被験者が滞在した空間

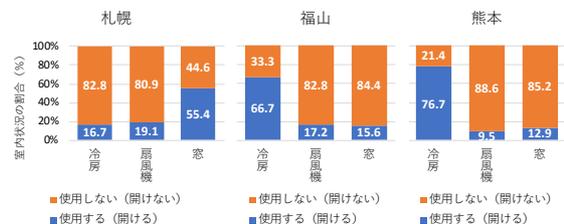


図4 2020 年夏季 申告時に被験者が滞在した室内

表2 2019 年夏季と2020 年夏季の寒暑感・快適感の分類

		2019 年夏季	2020 年夏季
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
	不快でない	・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

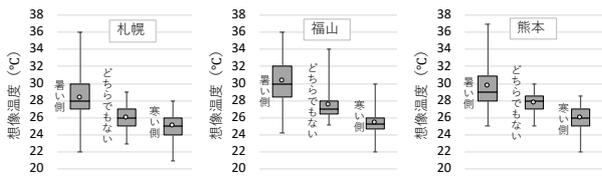


図5 2019年夏季における寒暑感別の想像温度

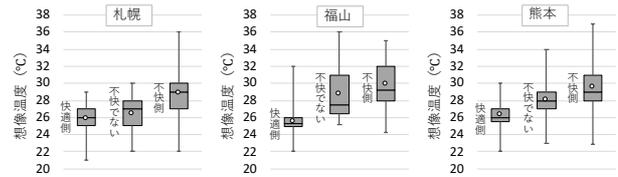


図7 2019年夏季における快適感別の想像温度

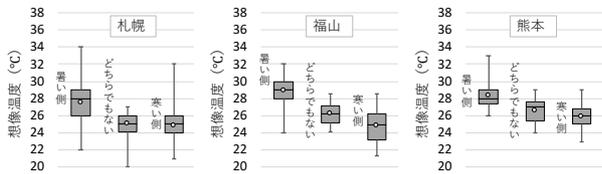


図6 2020年夏季における寒暑感別の想像温度

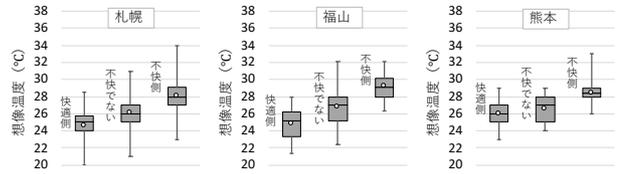


図8 2020年夏季における快適感別の想像温度

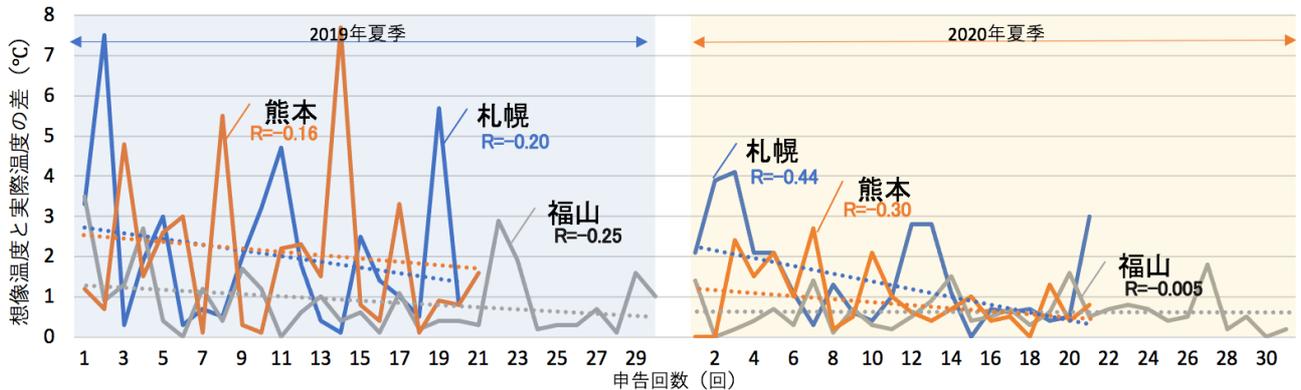


図9 想像温度と実際温度の差と通算申告回数

5. 通算申告回数と温度想像力の養成の関係

図9は、札幌・福山・熊本の各1名の被験者に注目し、想像温度と被験者近傍の気温（以下、実際温度）の差の絶対値の推移である。表3は、各項目の申告数を前半・後半に分けて、差の絶対値の平均と標準偏差を示した。

実験開始から、申告回数が増えるほど、想像温度と実際温度の差は小さくなる傾向にある。2019年夏季では、札幌・福山では前半よりも後半の差の平均の方が小さくなった。2020年夏季においても札幌・熊本で同様の傾向が見られ、福山の被験者は前半・後半ともに0.6℃前後と温度想像力が高い。また、3地域の被験者全員が、2020年夏季では2019年夏季より、想像温度と実際温度との差の平均と標準偏差が両方小さくなっていることが確認できる。2019年夏季より5回の実験を経験して、被験者の温度想像力が徐々に養成された結果が現れていると考えられる。

6. 自信度と想像温度・実際温度の関係

図10～15は、「自信度」別の実験期間の前半3日・後半4日に分けて示したものである。自信度は、1日の最後に訊いているため、その日の全ての想像温度の回答に対する日別の自信度としてまとめた。

2019年、2020年夏季ともに、「自信がついた」申告の割合

表3 実験前半・後半の差の絶対値の平均と標準偏差

	2019年夏季						2020年夏季						
	札幌		福山		熊本		札幌		福山		熊本		
申告数	前半	10	20	15	30	11	21	11	21	16	31	11	21
	後半	10	20	15	30	10	21	10	21	15	31	10	21
平均 (°C)	前半	2.3	2.1	1.1	0.9	2.0	2.0	1.8	1.5	0.6	0.6	1.3	0.9
	後半	1.9	2.1	0.8	0.9	2.0	2.0	1.2	1.5	0.6	0.6	0.6	0.9
標準偏差 (°C)	前半	2.1	2.0	0.9	0.9	1.8	1.9	1.3	1.2	0.5	0.5	1.0	0.8
	後半	1.8	2.0	0.8	0.9	2.0	2.0	1.0	1.2	0.5	0.5	0.3	0.8

合は3地域全てで前半より後半が大きい。また、1回目の実験開始の2019年夏季(前半)と、5回目の実験最後の2020年夏季(後半)を比較すると、3地域とも「自信がついた」の想像温度と実際温度の相関は、最後の2020年夏季の方が高い。これは、被験者が1年を通して5回の実験を経験したことにより、温度想像力が養成された結果として、想像温度と実際温度の相関が高まり、被験者の自信度も上昇したためと考えられる。

7. 被験者の温度への意識の変化

図16は、各実験前に尋ねたアンケートの被験者が1日に温度を確認する回数の割合で、自分が過ごす空間の温度に対する意識の変化を示したものである。

2019年夏季に比べ2020年夏季は、札幌では「ほぼ毎日確認する」が小さくなったが、「週に3、4回確認する」が55%と大きくなった。福山・熊本でも、「ほぼ毎日確認す

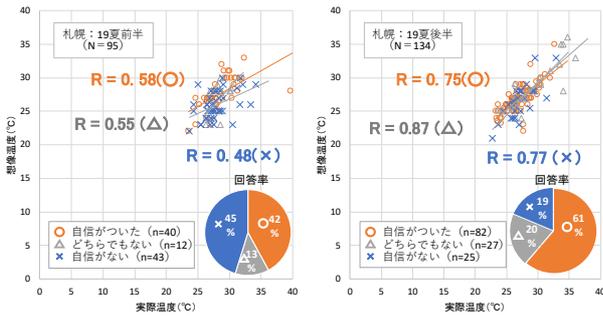


図10 2019年夏季 札幌 想像温度に対する自信度

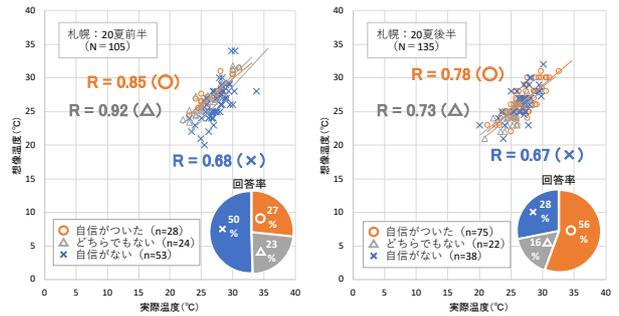


図13 2020年夏季 札幌 想像温度に対する自信度

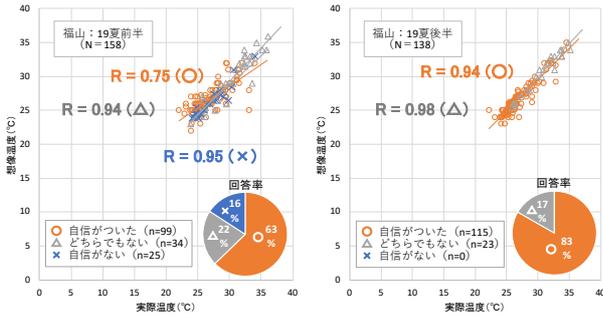


図11 2019年夏季 福岡 想像温度に対する自信度

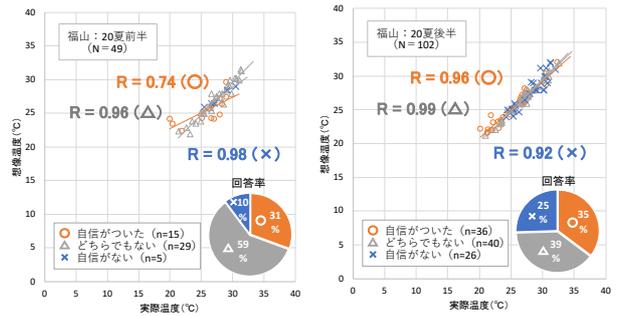


図14 2020年夏季 福岡 想像温度に対する自信度

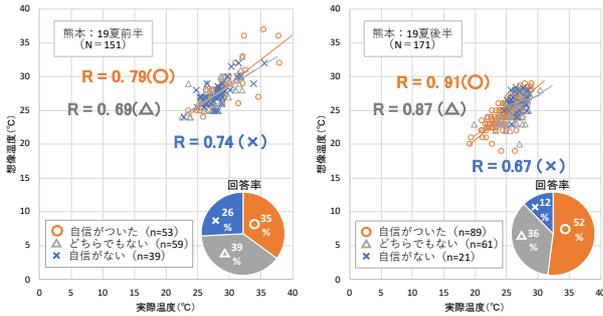


図12 2019年夏季 熊本 想像温度に対する自信度

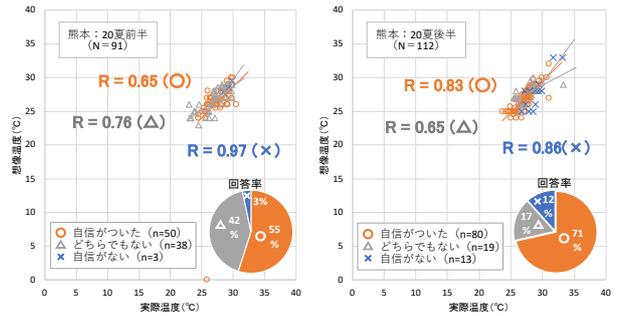


図15 2020年夏季 熊本 想像温度に対する自信度

る、「週3,4回確認する」、「週1,2回確認する」の割合がそれぞれ大きくなり、福山では「全く確認しない」は0%で、実験を重ねるごとに被験者の温度への意識が高まっていることが確認できた。

8. まとめ

居住空間の中で、実際の空気温度に対して想像温度を比較する機会が増えると、想像温度と実際温度の差は小さくなる傾向がある。実験の前半から後半にかけてその差の平均は小さくなった。想像温度と実際温度との差が小さくなると、被験者の自信度も高くなり、温度想像力が養成されたと言える。1年を通じて5回実験を行ったことで、被験者の過ごしている空間に対する温度への意識が向上した。

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、2019年夏季の福山のデータは福山大学工学部4年生(当時)の秋山駿太君と難波陸君、2020年夏季の福山データは同学部4年生園尾晋吾君の協力により得た。ここに謝意を表す。

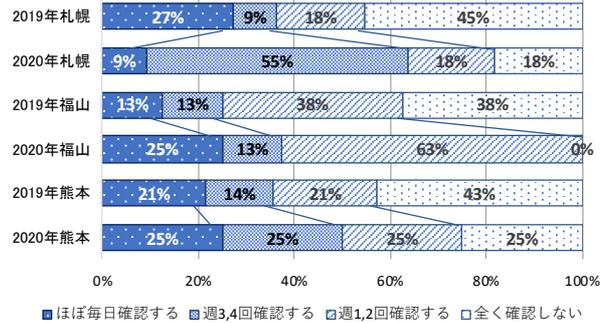


図16 被験者の温度への意識変化

注

- 2019年夏季・秋季・冬季の実験結果の一部は、次の文献で報告した。中村きらら, 中谷航平, 原大介, 廣川大河, 伊澤康一, 辻原万規彦, 斉藤雅也: 住まい手の「温度想像力」養成に関する研究 その2 夏季・秋季・冬季の想像温度に対する自信度, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 1147-1150, 2020. 7
- 2019年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

*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.