

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～正会員 ○伊澤康一^{*1} 同 難波陸^{*2} 同 秋山駿太^{*2}
同 中村きらら^{*3} 同 原大介^{*4} 同 中谷航平^{*4}
同 齊藤雅也^{*5} 同 辻原万規彦^{*6} 同 岡本孝美^{*7}想像温度
寒暑感
介入実験
快適感
温度手帳
住みこなし

1. 研究背景

環境共生住宅やゼロエネルギー住宅などの高性能住宅のポテンシャルを引き出すには、住まい手が「環境調整行動」を上手く行なうことが重要である。「環境調整行動」とは、例えば夏季の場合、人が暑いと感じたとき、窓を開ける、カーテンを閉める、服を脱ぐといった行為によって過ごしている環境を快適にしようとする行動のことであり、「住みこなし」とも言える。

筆者らは、地域の気候風土を活かす「住こなし」を発現させるには、自ら過ごす熱環境の状況、すなわち、建築環境空間の温度を意識・想像する「温度想像力」（熱環境想像力）を備えている必要があると考えた^{1),2),3)}。すなわち、自身が過ごしている場所が何℃であるかなど周囲の温度についての想像力が高いことが求められると考えた。この「温度想像力」が基礎力として養成されることによって、“不快な熱環境”を“不快でない熱環境”へ改善（創造）する「温度創造力」（熱環境創造力）が応用力として円滑に醸成できる可能性があるとも予想している。温度想像力の養成は、住まい手が自ら夏季熱中症や冬季ヒートショックを回避する上でも重要と位置付けている。

本研究では、温度想像力を養成する手法として介入実験に着目した。被験者が温度を想像した（想像温度の申告）後に、実際の空気温度を確認する作業を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する。介入実験は、日常生活の中で行なうものと実験室での2つを実施した。

2. 研究目的・研究方法

本研究では、介入実験による温度想像力（≒住みこなし力）の養成効果を、①事前アンケート調査、②日常生活調査、③実験室調査、④事後アンケート調査によって明らかにすることを目的とした。

3. 実験方法

表1に、被験者実験の概要を示す。

3. 1. 事前アンケート調査

想像温度はこれまでの記憶や経験が影響していると考えられており、被験者が普段どのような生活を送っているのかを把握する必要がある。そのため、日常生活調

査・実験室調査を始める前に、被験者に普段の過ごし方に関する「日々の暮らし方に関するアンケート」を実施した。このアンケートでは、主に被験者のエアコン（冷房・暖房）の使用や環境調整行動について調べた。

表1 調査概要

【夏季】	
【対象】	学生8名（男性8名）
【期間】	◇事前アンケート調査 2019年7月25日 ◇日常生活調査 2019年7月26日～8月4日（10日間） ◇実験室調査 2019年7月29日～8月2日（5日間） ◇事後アンケート調査 2019年9月25日
【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】	学生8名（男性8名）
【期間】	◇事前アンケート調査 2019年9月29日 ◇日常生活調査 2019年10月30日～11月5日（10日間） ◇実験室調査 2019年10月29～31日、11月5～6日（5日間） ◇事後アンケート調査 2019年11月14日
【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

3. 2. 日常生活調査

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。

3. 3. 実験室調査

被験者8名のうちの4名には、さらに、1日に1回、時間を指定して実験室内（福山大学工学部棟03203室）で日常生活調査と同様の調査を追加実施した。具体的には、

表2 事前アンケート調査結果（夏季・秋季）

		夏季								秋季							
		実験室調査なし				実験室調査あり				実験室調査なし				実験室調査あり			
		A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H
寒暑特性（申告）		寒がり	寒がり	暑がり	暑がり	暑がり	暑がり	寒がり	寒がり	暑がり	暑がり	暑がり	暑がり	暑がり	寒がり	寒がり	寒がり
限界想像温度 [°C]	耐暑	38	35	26	28	24	30	27	32	37	35	25	30	28	30	28	29
	耐寒	×	×	×	×	×	×	×	×	10	7	8	5	10	5	18	15
環境調整行動 の選択数	暑いとき	6	3	4	10	7	3	6	5	6	6	5	12	8	5	6	5
	寒いとき	×	×	×	×	×	×	×	×	3	5	1	5	3	5	4	6
自室エアコン の設定温度[°C]	冷房	27	26	24.5	26	25	23	27	27	※	26	24.5	25	※	21	※	※※
	暖房	×	×	×	×	×	×	×	×	※	26	※	※	※	※	※	※※
冷暖房滞在時間 [h/日]	冷房	3	17	17	12	20	6	8	8	6	15	12	6	20	10	8	0
	暖房	×	×	×	×	×	×	×	×	4	12	4	6	20	10	8	6

※わからない ※※記入なし

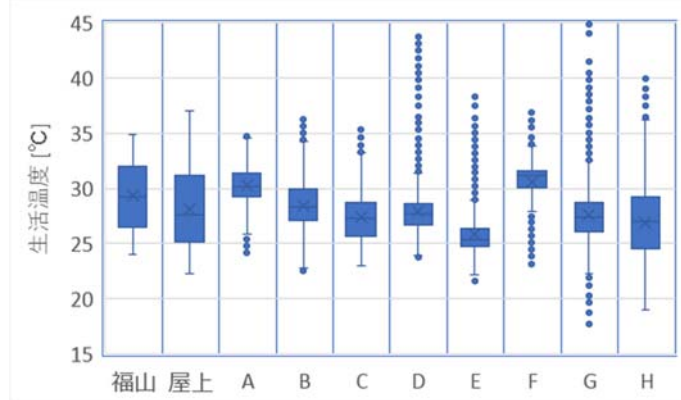


図1 日常生活温度（夏季：10日間）

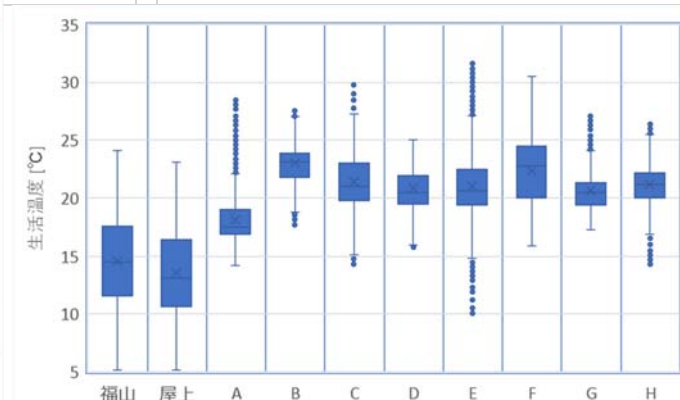


図2 日常生活温度（秋季：7日間）

あまり快適でないと言われる空間（例えば、夏季エアコン設定温度 29°C）や快適と言われる空間（例えば、夏季エアコン設定温度 25°C）の温熱環境条件を実験者側が作り、被験者には室内の空気温度と表面温度分布を想像・申告してもらう作業を実施した。その際、実験室調査用の「温度手帳」に記入してもらった。

3. 4 事後アンケート調査

調査の前後で被験者の暮らし方にどのような変化が見られるのかを把握するために、日常生活調査・実験室調査が終わった後に、「環境調整行動に関するアンケート」を実施した。

4. 結果・考察

表2に、夏季と秋季のアンケート結果を示す。被験者8名（A～H）は、夏季では暑がり4名、寒がり4名となった。秋季では暑がり3名、寒がり5名となった（被験者Hのみ暑がりから寒がりに変化）。夏季の耐暑の限界想像温度を見ると、暑がりが低く、寒がりが高い傾向が見られる。環境調整行動の選択数を見ると、夏季に比べて

秋季でほとんどの被験者が行動の選択肢を増やしている。これは、夏季実験が養成に寄与した可能性がある。夏季の自室エアコン設定温度と冷房滞在時間を見ると、暑がりの被験者の設定温度が低く、滞在時間が長い傾向が見られる。秋季の自室エアコン設定温度については、ほとんどの被験者が「わからない」と回答した。これは、中間季のためエアコンを使用する機会が少ないためと考えられる。

図1・2は、日常生活調査で測定した被験者近傍空気温度で、本研究では「生活温度」と呼ぶことにする。図1に夏季を、図2に秋季を示す。外気温（福山気象データと実験室のある建物屋上）も併せて示す。夏季（図1）を見ると、寒がりの被験者は比較的高い生活温度帯で生活し、暑がりの被験者は比較的低い生活温度帯で生活している。秋季（図2）を見ると、全被験者が外気温よりも高い温度帯（17～25°C程度）で生活している。

図3・4は、想像温度申告時の実際温度と想像温度の分布で、図3に夏季を、図4に秋季を示す。夏季・秋季

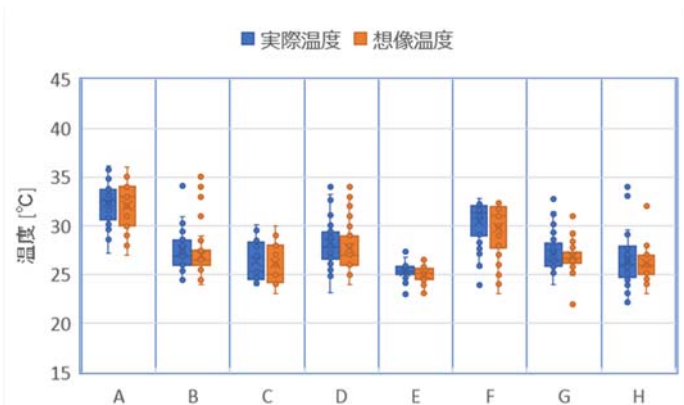


図3 実際温度と想像温度（夏季：10日間）

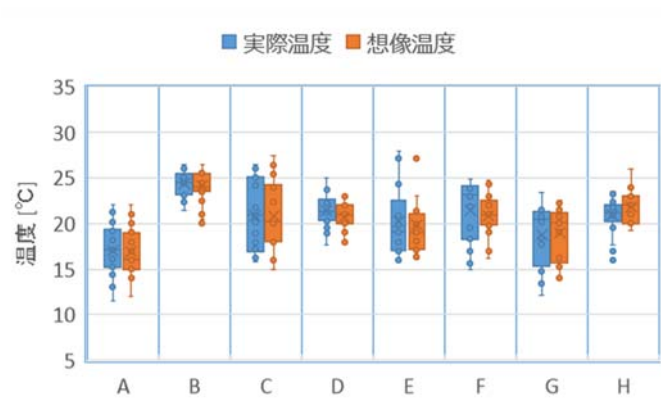


図4 実際温度と想像温度（秋季：7日間）

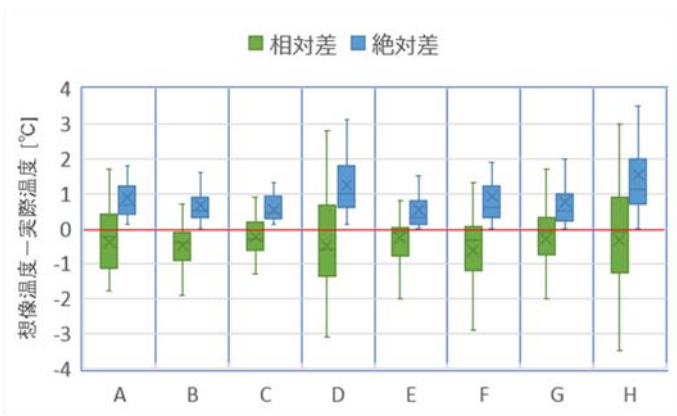


図5 相対差・絶対差（夏季：10日間）

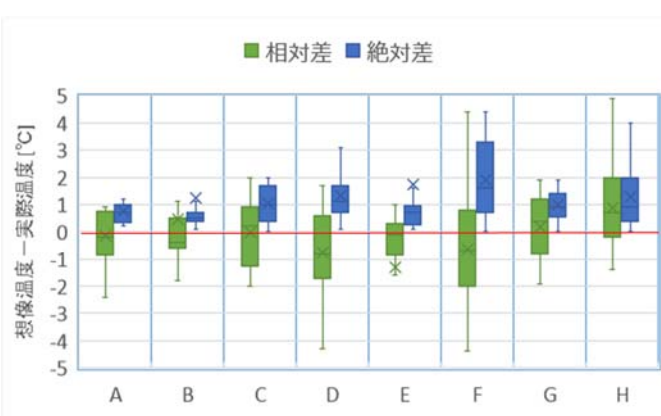


図6 相対差・絶対差（秋季：7日間）

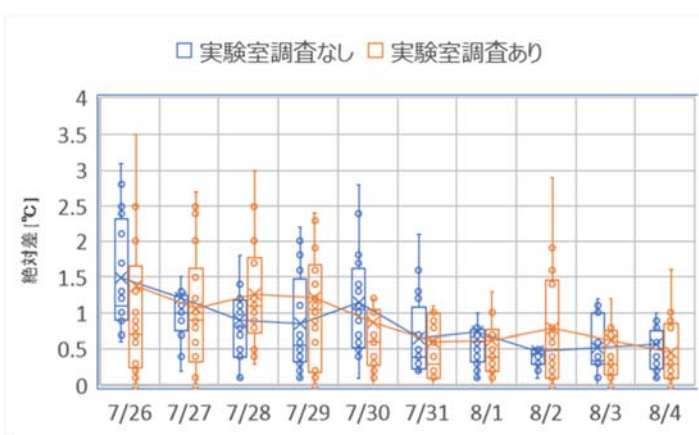


図7 絶対差の経日変化（夏季：10日間）

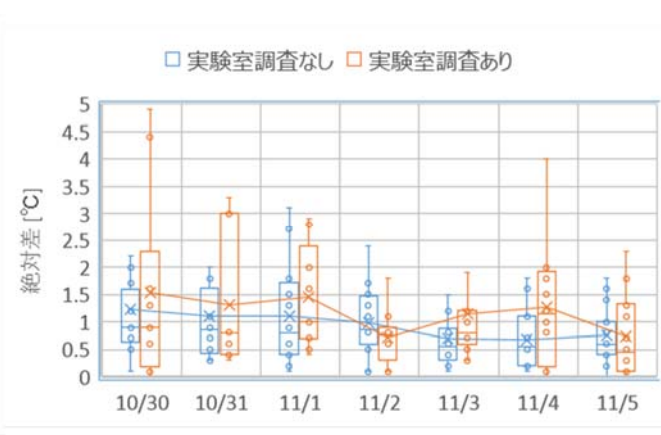


図8 絶対差の経日変化（秋季：7日間）

ともに想像温度は概ね実際温度と対応しており、生活温度帯（図1・図2）とも一致している。

図5・6は、実際温度と想像温度（図3・図4）の相対差・絶対差（外れ値は除外）であり、図5に夏季を、図6に秋季を示す。相対差を見ると、夏季では、全被験者が実際温度よりも想像温度を比較的低く申告する傾向があった。秋季では、被験者G・Hを除く6名の被験者が実際温度よりも想像温度を高く申告する傾向があった。これは、空気温度だけではなく放射温度が影響していると考えられる。絶対差を見ると、被験者A・B・E・Gは差が小さく、被験者C・D・F・Hは差が大きく、被験者ご

とに夏季・秋季の両方で同じ傾向が見られる。温度想像力の高い被験者と低い被験者の特徴が表れていると考えられる。

図7・8は、絶対差の経日変化で、図7に夏季を、図8に秋季を示す。夏季・秋季ともに、日にちの経過ともなって絶対差の分布が小さくなる傾向がある。また、「実験室調査あり」の絶対差の分布は「実験室調査なし」よりも大きい傾向がある。これは、温度想像力が比較的低い被験者C・D・F・Hの中で、「実験室調査あり」の被験者F・Hの絶対差が比較的大きかった影響が現れているものと考えられる。

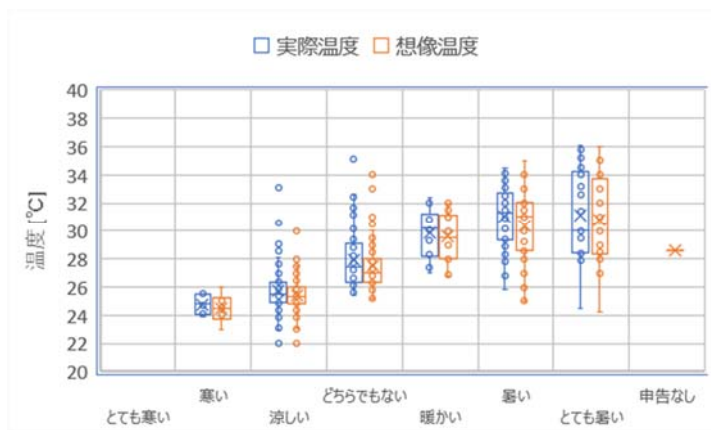


図9 夏季の寒暑感と実際温度・想像温度

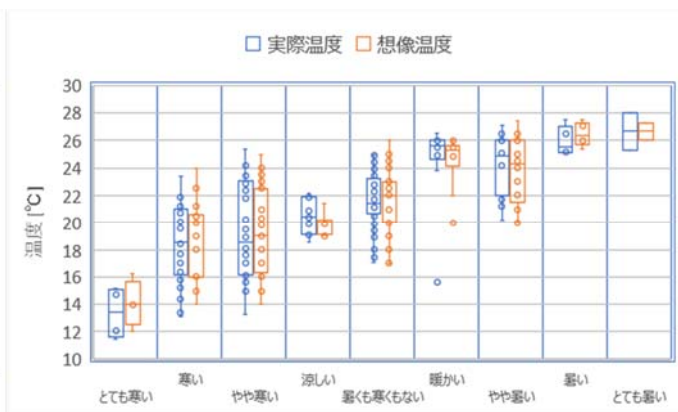


図10 秋季の寒暑感と実際温度・想像温度

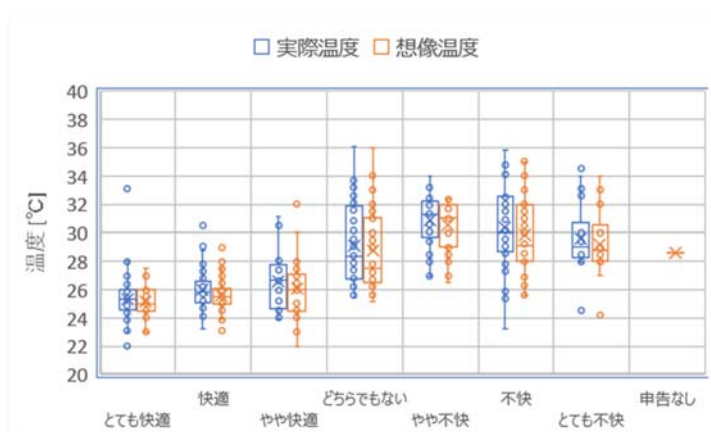


図11 夏季の快適感と実際温度・想像温度

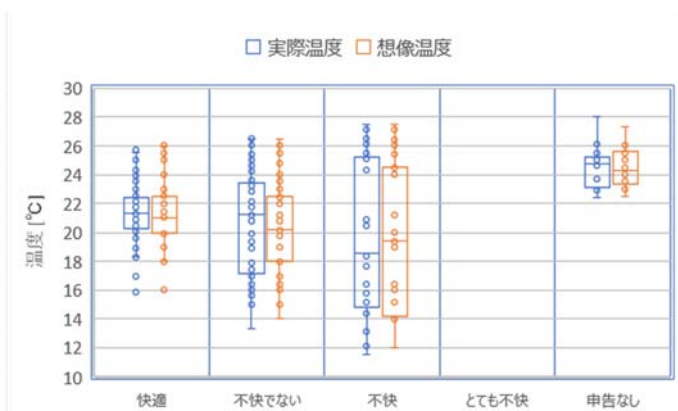


図12 秋季の快適感と実際温度・想像温度

図9・10は、寒暑感と実際温度・想像温度の関係で、図9に夏季を、図10に秋季を示す。夏季・秋季ともに、寒暑感と実際温度・想像温度に相関（右上がりの傾向）が見られる。また、実際温度と想像温度とは概ね対応している。同じ申告が比較的広い想像温度帯で得られている。夏季の「どちらでもない」は最低・最高で25~34℃（標準偏差の上下幅で26~28℃）、秋季の「暑くも寒くもない」は同17~26℃（同20~23℃）である。これは、各被験者の温度想像力の高低に加えて、個人特性（寒がり・暑がり等）、申告時の活動量・時間帯・放射環境の影響、さらには、熱的履歴や記憶・経験温度¹⁾が影響していると考えられ、そのメカニズム解明が重要である。

図11・12は、快適感と実際温度・想像温度の関係で、図11に夏季を、図12に秋季を示す。図9・図10と同様に、快適感と実際温度・想像温度には対応関係が見られる。夏季の「とても不快」申告の想像温度帯は28~30.5℃であり、「やや不快」・「不快」申告の想像温度帯よりも低い。この「とても不快」申告は計18個あり、全て「暑がり」の被験者C・D・Hの申告であった。秋季では、「寒くて不快」と、「暑くて不快」の両方の申告があり、例えば「不快」の申告は14~24℃の想像温度帯で

得られている。

事後アンケートでは、夏季・秋季ともにほぼ同じ傾向が見られた。「調査を通して自分が過ごしている場所の空気の温度への意識は変わりましたか？」の質問に対し、「前は意識していなかったが、調査後に意識するようになった」という回答が最も多かった。また、「普段の生活の中で自分が過ごしている部屋の暑さや寒さに関して、快適にしようという意識はありますか？」の質問に対し、「意識があるので、室内を快適に過ごす工夫を積極的にしている」という回答が最も多かった。

【参考文献】

- 1) 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，日本建築学会学術講演梗概集，pp.269-272，2018.9
- 2) 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
- 3) 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・熊本における夏季の秋季の被験者実験～，日本建築学会研究報告九州支部，第59号，2020.3（掲載予定）

【謝辞】本研究はJSPS科研費19K04731の助成を受けたものである。

*1 福山大学 准教授・博士（工学） Assoc. Prof. Fukuyama University, Dr. Eng.
 *2 福山大学 Fukuyama University
 *3 熊本県立大学大学院 Prefectural University of Kumamoto
 *4 札幌市立大学大学院 Sapporo City University

*5 札幌市立大学 教授・博士（工学） Prof. Sapporo City University, Dr. Eng.
 *6 熊本県立大学 教授・博士（工学） Prof. Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.
 *7 熊本県立大学 助手・修士（工学） Assistant, Prefectural University of Kumamoto, M. Eng.