

室内熱環境における「温度想像力」養成に関する研究
～福山における冬季・春季調査～正会員 ○伊澤康一*1 同 中村きらら*2 同 中谷航平*3 同 廣林大河*3
同 齊藤雅也*4 同 辻原万規彦*5 同 岡本孝美*6想像温度
寒暑感介入実験
快適感温度手帳
住みこなし

1. はじめに

1. 1. 研究背景

地域の気候風土を活かす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。筆者らは、「環境調整行動」といった熱的適応（行動的適応）、すなわち「住み熟し」を発現させるには、自ら過ごす熱環境を意識・想像する「熱環境想像力」を備えている必要があることに着目した。また、「熱環境想像力」の評価尺度の一つとして、住まい手が“今、何℃であるか？”と想像する「想像温度」、すなわち「温度想像力」に着目している¹⁾。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”へ改変（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、住まい手が自ら熱中症や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（以下、実際温度）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。

また本研究では、住まい手の「個人特性（寒がり・暑がりなど）」に相応しい「住み熟し」を見出すことに着目している。「平均特性」を明らかにするためには多数の被験者での検討が必要であるが、本研究では「個人特性」に重点を置くため、少数の被験者（本報では8名）での検討を行なっている。「個人特性」に着目し、夏・秋・冬・春・夏といった長期間（5季節）において同じ被験者を継続して調査している点に本研究の特色がある。

既報では3地域（札幌・福山・熊本）において3季節（夏季・秋季・冬季）・2季節（夏季1年目・夏季2年目）における熱的感覚と想像温度や想像温度に対する自信度についてまとめている^{2), 3), 4)}。その結果、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こと、任意の空間の温度を想像し実際温度を確認する機会をつくることで「温度想像力」を養成することができることなどを明らかにしてい

る。また、地域差・季節差・個人差の3つのファクターのうち、季節差と個人差の2つのみに着目し、特に寒がり・暑がりの特性（個人差）と想像温度の関係等の詳細を調べる検討も行なっている⁵⁾。

1. 2. 研究目的・研究方法

本研究では、1地域（福山）・2季節（冬季・春季）・8被験者を対象にして、介入実験による温度想像力（≡住み熟し力）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の4つによって明らかにすることを目的とした。本報では、①事前アンケート調査と②日常生活調査の結果を述べる。

2. 実験方法

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。

表1 調査概要

【冬季】	
【期間】	◇事前アンケート調査 2020年2月4日 ◇日常生活調査 2020年2月5日～11日（7日間） ◇実験室調査 2020年2月4日～7日、12日（5日間） ◇事後アンケート調査（Web）2020年2月27日～3月6日
【春季】	
【期間】	◇事前アンケート調査（Web）2020年5月11日～12日 ◇日常生活調査 2020年5月12日～5月18日（7日間） ◇実験室調査 実施なし（※新型コロナウイルス感染防止のため） ◇事後アンケート調査（Web）2020年5月28日～30日
【冬季・春季で共通】	
【対象】	学生8名（男性8名）
【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申告時の室内の状況 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回目のみ申告	

2. 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¹⁾ことから、日常生活調査・実験室調査の実施前に「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査した。

2. 2. 日常生活調査

被験者に空気温湿度計（ティアンドディ, TR-72wf）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

表2 事前アンケート調査結果（冬季・春季）

		冬季								春季							
		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	寒がり	寒がり	寒がり	寒がり	寒がり	暑がり	暑がり	暑がり	寒がり	寒がり	暑がり
限界想像温度 [°C]	耐暑	35	33.5	25	30	28	35	30	30	35	30	24	26	25	30	28	28
	耐寒	5	10	0	3	10	2	15	10	8	10	7	5	9	5	10	10
環境調整行動 の選択数	耐暑	6	6	4	12	6	3	4	7	8	5	6	9	6	6	7	6
	耐寒	5	5	4	11	2	4	4	5	4	4	4	3	2	4	4	2
自室の冷暖房 設定温度[°C]	エアコン	23	26	24	25	25	※	27	※	※	※	※	25	25	※	27	30
	ストーブ	—	—	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
冷暖房滞在時間 [h/日]	冷房	—	—	—	—	—	—	—	—	6	0	0	0	0	0	0	0
	暖房	12	20	4	4.5	12	12	15	20	6	0	0	0	0	0	0	0

※わからない —記入なし

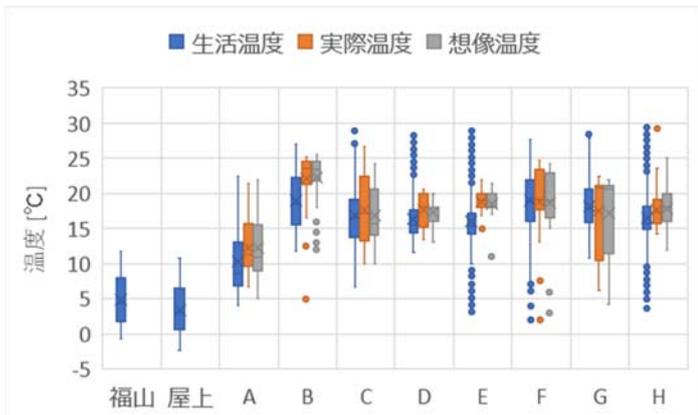


図1 生活温度・実際温度・想像温度（冬季7日間）

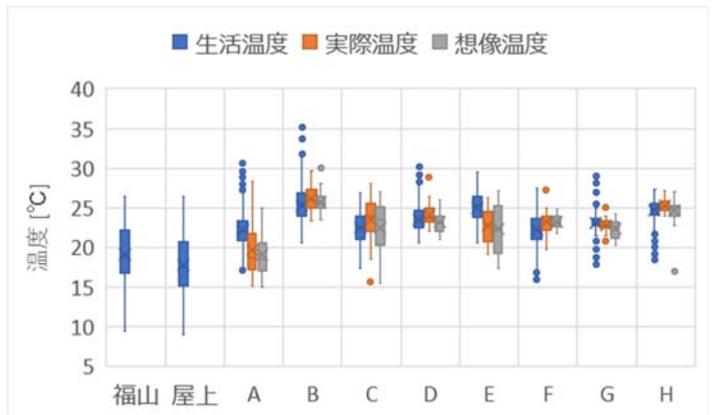


図2 生活温度・実際温度・想像温度（春季7日間）

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、その直後に実際の気温を確認・記録してもらうことで温度想像力の養成を試みた。

2. 3. 実験室調査

冬季のみ、被験者8名のうちの4名（被験者 E, F, G, H）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、「あまり快適でない」とされる空間（例えば、冬季エアコン設定温度 19°C）や「快適」とされる空間（例えば、冬季エアコン設定温度 22°C）の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。

2. 4. 事後アンケート調査

介入実験前後での被験者の暮らし方の変化を把握するために、日常生活調査・実験室調査を実施した後に「環境調整行動に関するアンケート」を実施した。

3. 結果・考察

3. 1. 事前アンケート調査

表2に、冬季・春季の事前アンケート結果を示す。被験者8名（A～H）は、冬季では「寒がり（5名）」、「暑がり（3名）」となり、春季では「寒がり（4名）」、「暑がり（4名）」となった（被験者 H のみ寒がりから暑がりに変化）。耐寒の限界想像温度は、冬季・春季ともに寒がりが高く、暑がりが低い傾向が見られる。耐暑の限界想像温度も、冬季・春季ともに寒がりが高く、暑がりが低い傾向が見られる。環境調整行動の選択数は、被験者ごとにばらつきがある。例えば、冬季耐寒の環境調整行動では、2～11 個である。自室の冷暖房設定温度は、春季エアコンについては半数の被験者が「わからない」と回答した。



図3 相対差・絶対差（冬季7日間）

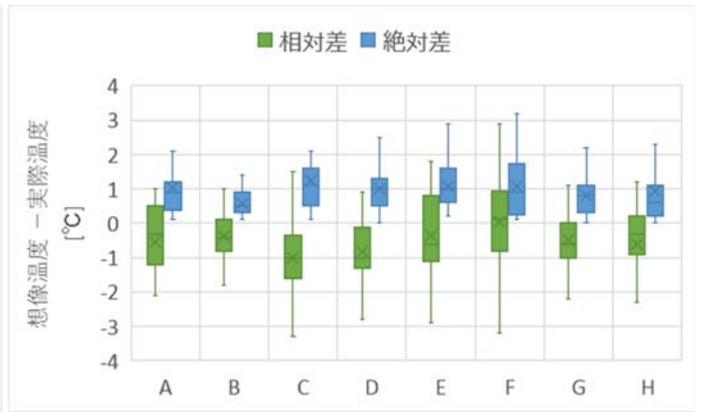


図4 相対差・絶対差（春季7日間）

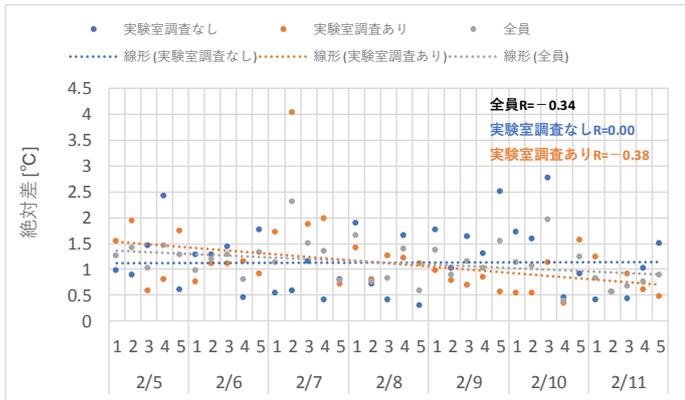


図5 絶対差の経日変化（冬季7日間）

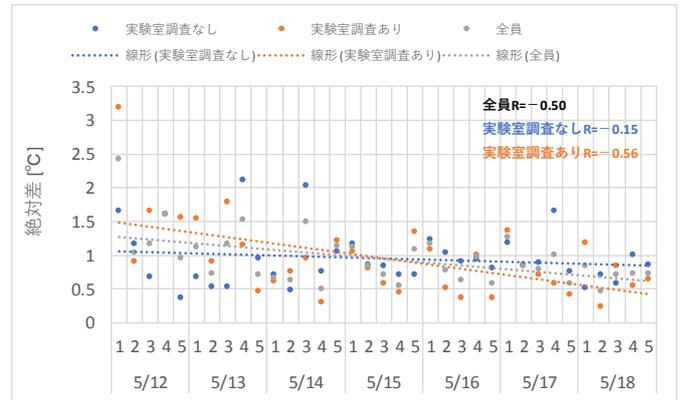


図6 絶対差の経日変化（春季7日間）

これは、春季のためエアコンを使用する機会が冬季に比べて減ったことによると考えられる。ストーブの設定温度については、冬季・春季ともに、すべての被験者が「わからない」（もしくは記入なし）と回答した。冷暖房滞在時間は、冬季暖房では、寒がりが長く、暑がりが短い傾向が見られる。

3. 2. 日常生活調査

図1・2は、生活温度・実際温度・想像温度であり、図1に冬季を、図2に春季を示す。

生活温度とは日常生活調査で測定した被験者近傍空気温度であり、実際温度とは想像温度申告時の被験者近傍空気温度である。外気温（福山気象データと実験室調査実施建物屋上）も併せて示す。

生活温度について箱ひげの箱部分（データの50%）と比較すると、冬季・春季ともに、全被験者が外気温よりも高い温度帯で生活している。冬季を見ると、被験者Aを除いて、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。想像温度は、冬季・春季ともに、実際温度と概ね対応している。

図3・4は、想像温度から実際温度を引いた値（以下、相対差）とその絶対値（以下、絶対差）であり、図3に冬季を、図4に春季を示す。なお、外れ値は除外した。

相対差を見ると、冬季・春季ともに、ほとんどの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見られた。これは、想像温度申告時の実際温度よりも生活温度帯が低いことが影響している可能性がある。また、生活温度帯よりも低い外気温帯が影響している可能性も考えられる。さらに、仮説ではあるが、夜間の外気温によって冷やされた建築躯体から放たれる冷放射が低めの想像温度を誘発した可能性もあると考える。

絶対差を見ると、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。例えば、箱ひげの箱（データの50%）と比較すると、被験者Bは冬季・春季ともに0~1℃に収まっているが、被験者Fは1~2℃となっている。

図5・6は、絶対差の経日変化で、図5に冬季を、図6に春季を示す。なお、横軸日付上の数字は、各日の申告回である。冬季・春季ともに、日にちの経過にともなって絶対差の分布が若干小さくなる傾向が見られた。近似曲線（線形）の相関係数を調べたところ、冬季では、「実験室調査なし」が0.00、「実験室調査あり」が-0.38、春季では、「実験室調査なし」が-0.15、「実験室調査あり」が-0.56であった。なお、春季の実験室調査は実施していないが、夏季・秋季・冬季の3回の実験室調査を重ねたことで、温度想像力が「実験室調査なし」の群よりもある程度養成された可能性がある。

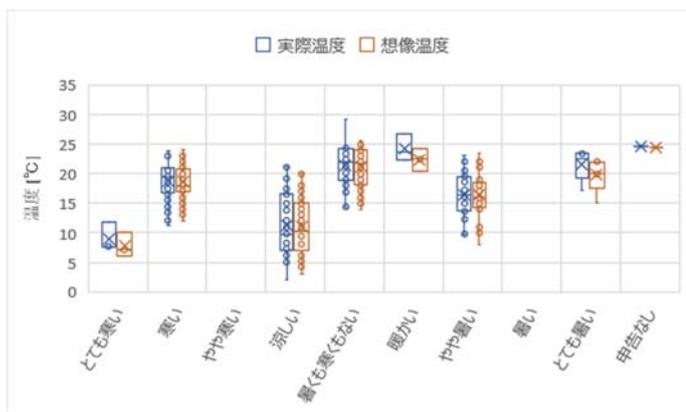


図7 冬季の寒暑感と実際温度・想像温度

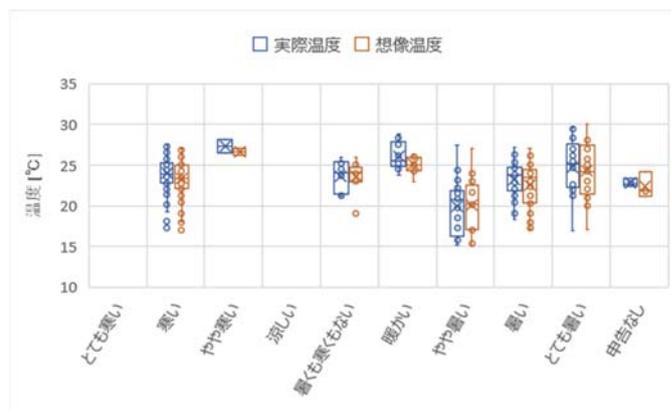


図8 春季の寒暑感と実際温度・想像温度

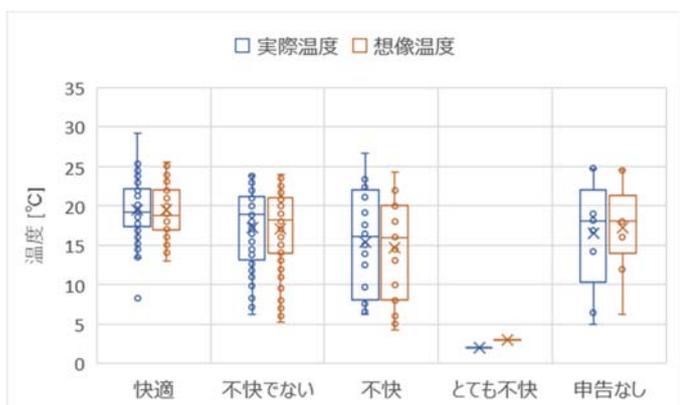


図9 冬季の快適感と実際温度・想像温度

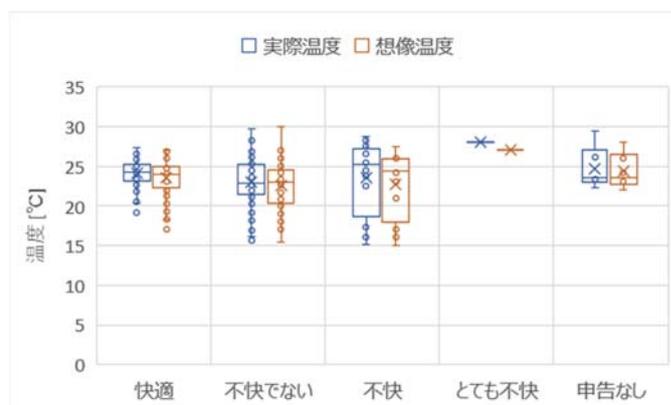


図10 春季の快適感と実際温度・想像温度

図7・8は、寒暑感と実際温度・想像温度の関係で、図7に冬季を、図8に春季を示す。冬季・春季ともに、寒暑感と実際温度・想像温度に相関が見られる。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。例えば、冬季の「暑くも寒くもない」は最低・最高で15～25℃（標準偏差の上下幅で18～24℃）である。

図9・10は、快適感と実際温度・想像温度の関係で、図9に冬季を、図10に春季を示す。快適感と実際温度・想像温度には対応関係が見られる。冬季の「不快でない」の想像温度帯は最低・最高で5～24℃（標準偏差の上下幅で14～22℃）であり、春季の「不快でない」の想像温度帯は最低・最高で15～30℃（標準偏差の上下幅で17～26℃）であった。

以上の想像温度は、各被験者の温度想像力の高低に加えて、寒がり・暑がりの特性（個人差）、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る。

【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（東北），pp.269-272，

2018.9

- 2) 中谷航平・中村きらら・原大介・廣林大河・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，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1143-1146, 2020.9
- 3) 中村きらら・中谷航平・原大介・廣林大河・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，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1147-1150, 2020.9
- 4) 中村きらら・中谷航平・廣林大河・斉藤雅也・辻原万規彦・伊澤康一・岡本孝美：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～，日本建築学会研究報告九州支部，第60号，2021.3（掲載予定）
- 5) 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研究報告集，第43巻，pp.365-368, 2020.3

【謝辞】本研究はJSPS科研費JP19K04731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.

*3 札幌市立大学大学院 Sapporo City University

*5 熊本県立大学 教授・博士（工学） Prof. Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.

*2 熊本県立大学大学院 Prefectural University of Kumamoto

*4 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 助手・修士（工学） Assistant, Prefectural University of Kumamoto, M. Eng.