

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・冬季の実験室調査～

正会員 ○伊澤康一*1 同 中村きら*2
同 原大介*3 同 中谷航平*4 同 廣林大河*5
同 齊藤雅也*6 同 辻原万規彦*7

住み熟し 想像温度 熱環境想像力 住育実験 温度想像力 温度手帳

1. 背景・目的・方法

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。「環境調整行動」・「熱的適応」・「住み熟し」を発現させるには、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と考えた。「熱環境想像力」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」を指標とした「温度想像力」に特に着目している¹⁾。

「温度想像力」を養成することを目的とした住育実験を、これまでに3地域（札幌・福山・熊本）・5季節（夏・秋・冬・春・夏）を対象に実施した^{2)~6)}。1季節の住育実験は、「事前アンケート調査」・「日常生活調査」・「実験室調査」・「事後アンケート調査」の4調査で構成されている。本報では、福山における夏・秋・冬の「実験室調査」についてまとめた結果を報告する。

実験室調査において、想像温度と実際温度（空気温度）とのずれが大きい日も見られた。これは、放射環境が際立っているとき、すなわち、放射温度と空気温度の差が大きいときに放射温度が影響して想像温度が空気温度からずれるのではないかと予想する。

そこで本研究では、室内外における想像温度と空気温度・放射温度の関係について調べてみた。実験室内の放射温度は、実測したグローブ温度・空気温度・気流速度から算出した。屋外放射温度は、実験日の気象データを用いて推算した。

2. 実験室調査の概要

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に、調査概要を示す。被験者8名のうちの4名（既報⁵⁾・⁶⁾における被験者E, F, G, H)には、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。実験者側が表2に示す目標室温の熱環境条件をつくり、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。被験者近傍（実験室

中央）の空気温度・相対湿度・グローブ温度・気流速度は1秒間隔で計測した。

表1 調査概要

【期間】	
◇夏季：2019年7月29日～8日2日（5日間）	
◇秋季：2019年10月29日～31日, 11月5日～6日（5日間）	
◇冬季：2020年2月4日～7日, 12日（5日間）	
【対象】	
学生4名（男性4名）※3季節で同じ被験者を継続	
【温度手帳の内容】	
①想像室温	⑥改変希望温度差
②想像外気温	⑦環境調整行動
③自信度（①・②に対して）	⑧想像表面温度分布（色鉛筆塗）
④寒暑感	⑨自信度（⑧に対して）
⑤快適感	⑩実際室温（温度計を確認）
【計測項目】	
①室内空気温度	③室内グローブ温度
②室内相対湿度	④気流速度
※測定位置はいずれも被験者近傍（室中央）	

表2 目標室温（実験室調査）

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
夏季	29℃		25℃		
秋季	エアコン停止				
冬季	22℃		19℃		

3. 屋外放射温度

推定計算では、文献7)に示される以下の式を用いた。

$$t_{ro} = f_{sky} \cdot t_{sky} + f_{gr} \cdot t_{gr} + \frac{\alpha \cdot I}{h_{ro}}$$

t_{ro} ：屋外放射温度 [℃]

f_{sky} ：天空に対する形態係数 [-]

t_{sky} ：見掛けの天空温度 [℃]

f_{gr} ：地物に対する形態係数 [-]

t_{gr} ：地物の温度 [℃]

α ：日射吸収率 [-]

I ：入射日射量 [W/m²]

h_{ro} ：屋外の放射熱伝達率 [W/(m²・K)]

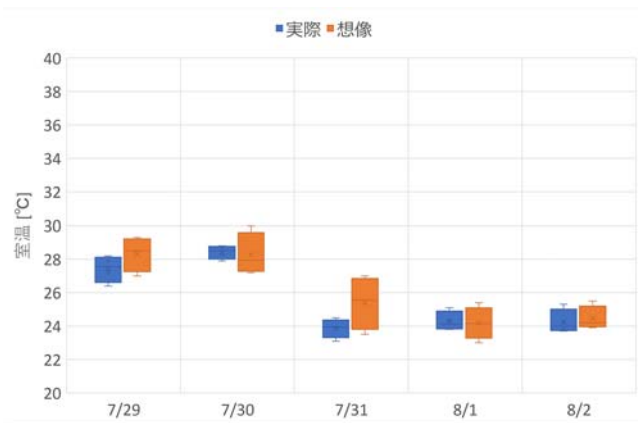


図1 夏季の実際室温と想像室温（申告時）

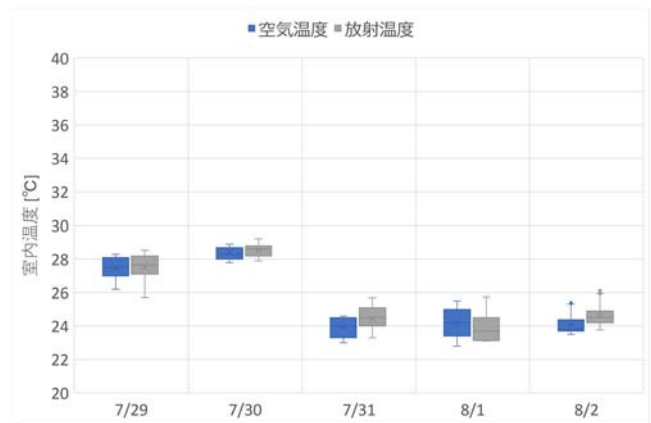


図2 夏季室内の空気温度と放射温度（実験時間帯）

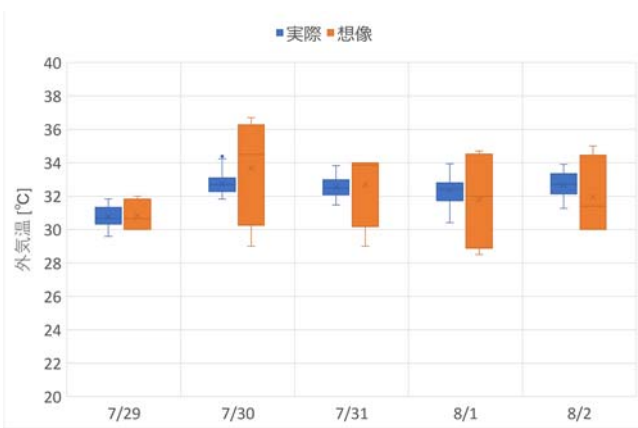


図3 夏季の実際外気温と想像外気温（申告時）

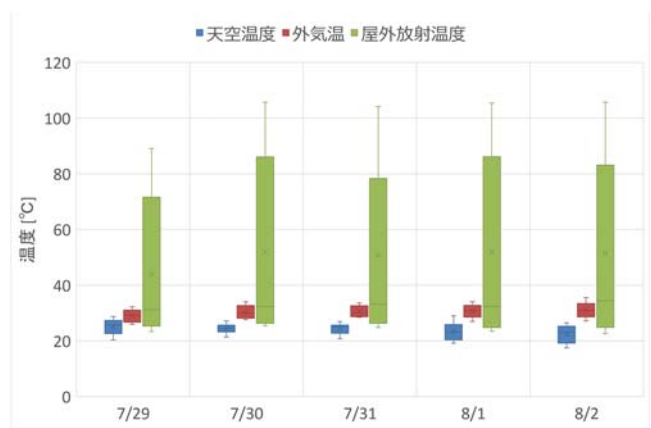


図4 夏季の天空温度・外気温・屋外放射温度（終日）

屋外から実験室へ移動してきた被験者（人体）を想定し、形態係数は天空に対して 0.5 とし、地物に対して 0.5 とした。見掛けの天空温度は、文献 8) の方法で算出した。地物の温度は外気温で近似した。人体への日射吸収率は 0.5 とした。屋外の放射熱伝達率は 6.0 とした。入射日射量は、簡単のため気象データの水平面全日射量を用いた。気象データは、広島の外気温、水平面全日射量、外気相対湿度、雲量を用いた⁹⁾。

4. 夏季の実験室調査

図 1 に、申告時の実際室温と想像室温を示す。設定室温を前日（7/30）の 29℃から当日の 25℃に変更した 7/31 では、実際室温よりも高めの想像室温となっている。

図 2 に、実験時間帯の室内空気温度と室内放射温度を示す。7/31 では、空気温度よりも放射温度が若干高めになっている。これは、エアコンで空気温を下げたが、日射によって主に窓面・床面が温められたことや、前日までの躯体蓄熱で周壁温が高めに保たれたことの影響が推測される。空気温より若干高めの放射温度が、実際よりも高めの想像室温をもたらした可能性が考えられる。

図 3 に、申告時の実際外気温と想像外気温を示す。7/30、

8/1、8/2 の想像外気温の温度幅が大きい。

図 4 に、実験日（終日）の天空温度・外気温・屋外放射温度を示す。屋外放射温度は、天空温度、地物温（ここでは外気温で近似）と吸収日射の 3 者の影響が加味される。7/30、8/1、8/2 の屋外放射温度の温度幅が大きい。日射量が比較的大きい日は想像外気温のばらつきを大きくする可能性が考えられる。

5. 秋季の実験室調査

図 5 に、申告時の実際室温と想像室温を示す。秋季はエアコン不使用とした（表 2）。10/31（実験 3 日目）と 11/5（実験 4 日目）では、実際室温よりも比較的高めの想像室温となっている。

図 6 に、実験時間帯の室内空気温度と室内放射温度を示す。10/31 と 11/5 では、空気温度よりも放射温度が若干高めになっている。これは、日射によって主に窓面・床面が温められたことやそれによる躯体蓄熱で周壁温が高めに保たれたことの影響が推測される。空気温より若干高めの放射温度が、実際よりも高めの想像室温をもたらした可能性が考えられる。

図 7 に、申告時の実際外気温と想像外気温を示す。5

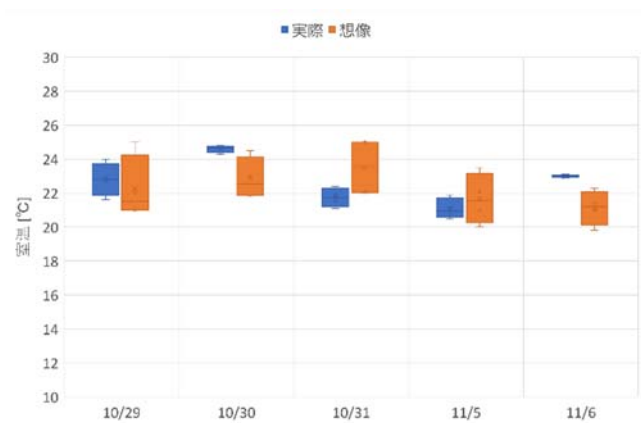


図5 秋季の実際室温と想像室温（申告時）

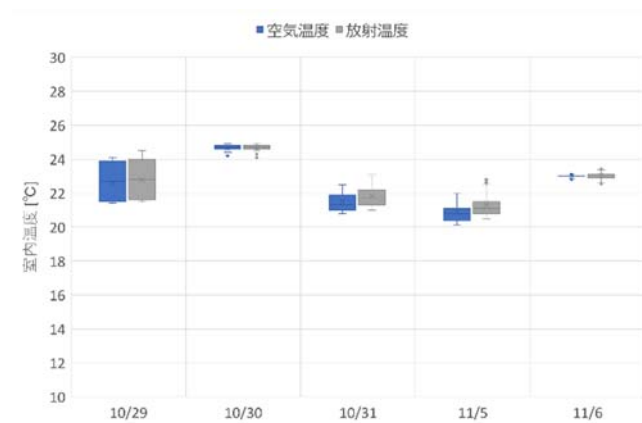


図6 秋季室内の空気温度と放射温度（実験時間帯）

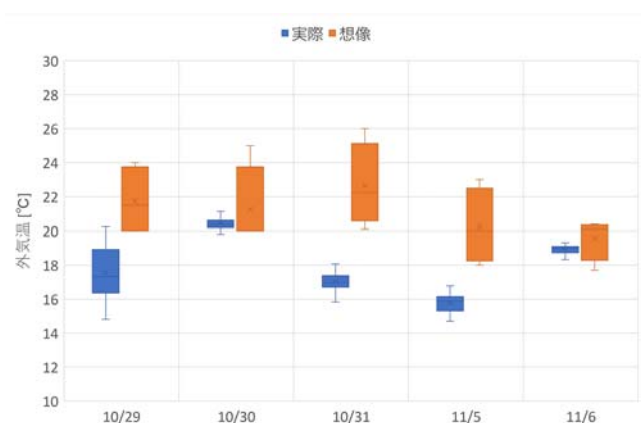


図7 秋季の実際外気温と想像外気温（申告時）

日間とも実際外気温よりも想像外気温は高めとなっている。最も想像外気温の温度帯が高いのは10/31である。

図8に、実験日（終日）の天空温度・外気温・屋外放射温度を示す。5日間とも外気温より屋外放射温度も高めである。5日間の中で屋外放射温度の温度帯が高いのは10/31であることから、想像外気温へ影響した可能性も考えられる。

6. 冬季の実験室調査

図9に、申告時の実際室温と想像室温を示す。2/5（実験2日目）と2/7（実験4日目）では、実際室温よりも比較的高めの想像室温となっている。

図10に、実験時間帯の室内空気温度と室内放射温度を示す。2/5と2/7では、空気温度よりも放射温度が若干高めになっている。これは、夏季・秋季と同様に、日射による主に窓面・床面の加熱と躯体蓄熱で周壁温が高めに保たれた影響が推測される。特に太陽高度が低くなる冬季はその影響が強かった可能性もある。空気温より若干高めの放射温度が、実際よりも高めの想像室温をもたらした可能性が考えられる。

図11に、申告時の実際外気温と想像外気温を示す。2/5, 2/6, 2/7では、実際外気温帯よりも想像温度帯は高く、

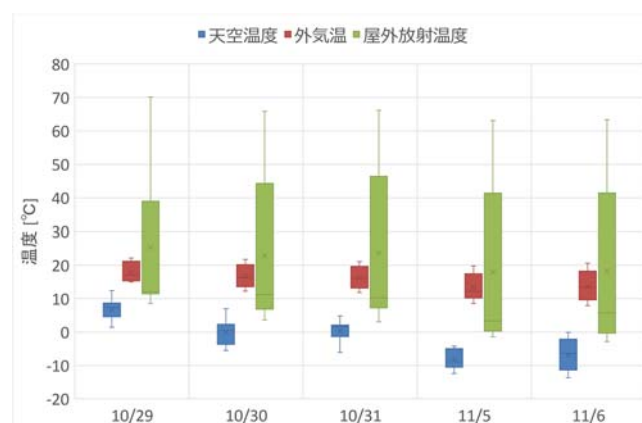


図8 秋季の天空温度・外気温・屋外放射温度（終日）

両者の温度帯は重なっていない。2/4と2/12では、実際外気温帯よりも想像温度帯は一部重なっているが、それでも実際外気温帯よりも想像温度帯の方が高い。

図12に、実験日（終日）の天空温度・外気温・屋外放射温度を示す。2/4は、屋外放射温度の四分位範囲（箱ひげの箱）が5日間の中で最も広く高低差がある日であるとともに天空温度帯が5日間の中で最も低い日であった。その両者の影響で、実際外気温帯と想像外気温帯が重なったのではないかと推測する。2/12は、屋外放射温度の四分位範囲（箱ひげの箱）が5日間の中で最も狭く高低差があまりない日であるとともに天空温度帯が5日間の中で最も高い日であった。その影響で、実際外気温帯と想像外気温帯が比較的近づいたのではないかと推測する。2/5, 2/6, 2/7では、外気温帯よりも高めの屋外放射温度帯の影響、すなわち、日射の影響によって、実際外気温よりも高めの想像外気温となったと推測する。

7. おわりに

少ない被験者数ではあるが、放射環境による想像温度への影響が示唆された。今後データ数を蓄積し、放射の影響について詳細を明らかにしていくことが望まれる。

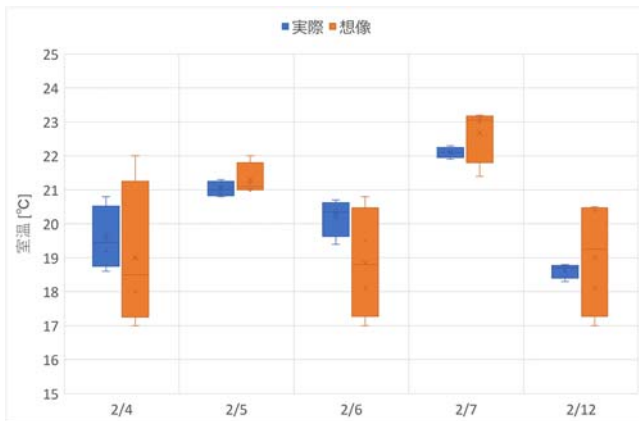


図9 冬季の実際室温と想像室温（申告時）

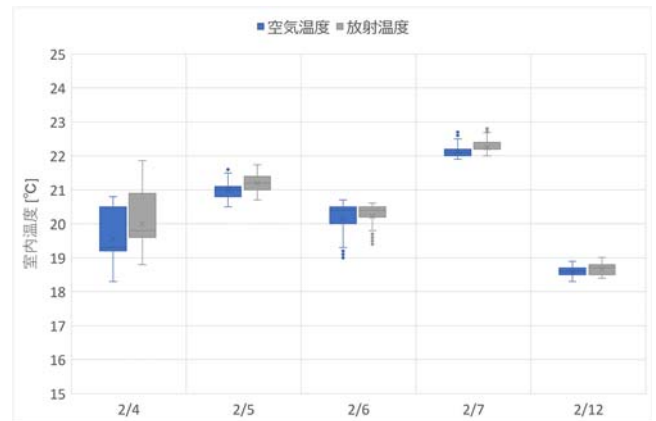


図10 冬季室内の空気温度と放射温度（実験時間帯）

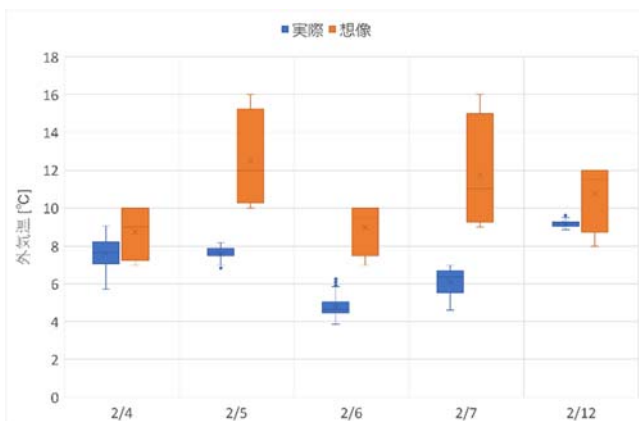


図11 冬季の実際外気温と想像外気温（申告時）

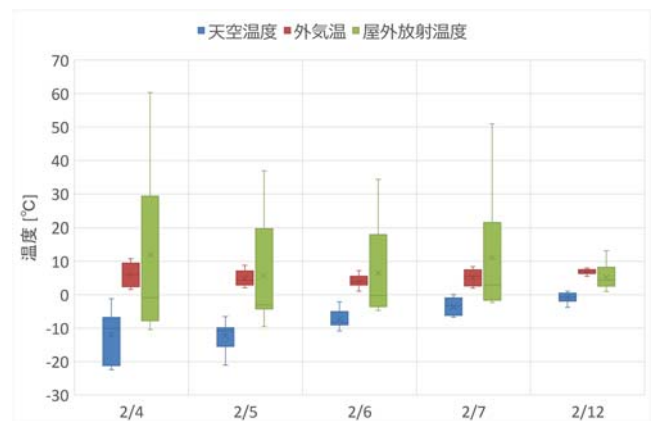


図12 冬季の天空温度・外気温・屋外放射温度（終日）

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 19K04731 の助成を受けました。本研究は福山大学工学部建築学科4年生（当時の秋山駿太さん・難波陸さんの卒業研究（2019年度）によるところが大きいです。また、調査実験に関して岡本孝美さん（当時、熊本県立大学 助手）にご尽力いただきました。ここに記して謝意を表します。

【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・伊澤康一・辻原万規彦・斉藤雅也：熱環境に対する「温度想像力」養成に関する研究—2020年春季・夏季の被験者実験—，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1093-1096, 2021.9
- 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
- 6) 伊澤康一・中村きらら・中谷航平・廣林大河・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～福山における冬季・春季調査～，日本建築学会中国支部研究報告集，第44巻，pp.325-328, 2021.3
- 7) Masanori Shukuya: Bio-Climatology for Built Environment, CRC Press, pp.148-151, p.256, 2019.3.
- 8) 宿谷昌則：数値計算で学ぶ光と熱の建築環境学，丸善，pp.100-105, 1993年7月。
- 9) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>)（アクセス日：2022.1.14）

*1 福山大学 准教授・博士（工学） Assoc. Prof. Fukuyama University, Dr. Eng.
 *2 株式会社丹青社 修士（環境共生学） TANSEISYA. Co. Ltd., M. ESS
 *3 (株) 石本建築事務所 修士（デザイン学） Ishimoto Architectural & Engineering Firm, inc., M. Design
 *4 清水建設株式会社 修士（デザイン学） SHIMIZU CORPORATION, M. Design
 *5 札幌市立大学大学院 デザイン研究科 Sapporo City University
 *6 札幌市立大学 教授・博士（工学） Prof. Sapporo City University, Dr. Eng.
 *7 熊本県立大学 教授・博士（工学） Prof. Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.