

75

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～

会員 ○原 大介 (札幌市立大学)
 非会員 辻原 万規彦 (熊本県立大学)
 会員 斉藤 雅也 (札幌市立大学)

非会員 中村 きらら (熊本県立大学)
 会員 伊澤 康一 (福山大学)

Effects of Climatic Characteristics and Thermal History on
 Cognitive Temperature in Summer
 Subjective experiments in Sapporo, Fukuyama and
 Kumamoto

Daisuke HARA*, Kirara NAKAMURA**,
 Makihiko TSUJIHARA**, Koichi ISAWA***
 and Masaya SAITO*

*Sapporo City University
 1 chome, Geijutsunomori, Minami Ku, Sapporo City,
 Hokkaido, 005-0864, Japan
 e-mail : 1862007@st.scu.ac.jp

**Prefectural University of Kumamoto
 **Fukuyama University

Abstract

The purpose of this study is to clarify the influence of the thermal history on the cognitive temperature based on subjective experiments in Sapporo, Fukuyama and Kumamoto in Summer of 2019. The surrounding air temperature beside the subjects and cognitive temperature were measured as well. There was 5 degree difference between the air temperature and the cognitive temperature when there was a change in the previous behavior or the thermal environment in the past few minutes. It was found that there is a difference in cognitive temperature of the subjects due to their usual thermal environment.

キーワード：想像温度、熱的履歴、地域性
 keywords : cognitive temperature, thermal history, regionality

1. はじめに

建築環境・設備設計の分野では、環境と人体の物理要素がそれぞれ判れば、地域や季節の違いを問わずヒトの寒暑感や快適感が予測できるとされている。しかし、ヒトの熱的な知覚は定常的な環境の状態だけでなく、そのヒトがこれまで曝されてきた熱環境としての気候特性、住まい方など過去の熱的履歴の影響が少な

からずあると考えられる。つまり、その特徴は地域によって異なり、PMV や SET* などの地域差や季節が考慮されない指標では、設計者側の意図と建築を使用する住まい手の実評価にずれが生じる可能性がある。

筆者らは、ヒトの熱環境に対する心理尺度として「想像温度 (今、何°C と思うか?)」に着目している。想像温度には地域性があり、屋外環境・室内環境要素から受ける影響と、天気予報などの言語情報としての蓄積からなる「記憶・経験温度」の影響があることが既往研究にて確認されている^{1)~3)}。ヒトの熱環境適応プロセスと想像温度の関係を Fig.1 に示す。これまで、想像温度を解明する研究はいくつかあるが、熱環境や人体要素の履歴に着目し、気候の異なる地域で比較を行なった研究はない。

本研究では、気候が異なる札幌・福山・熊本の大学生・職員を対象に夏季の被験者実験を行ない、直前の熱環境や行動などの短期履歴と、普段過ごしている熱環境

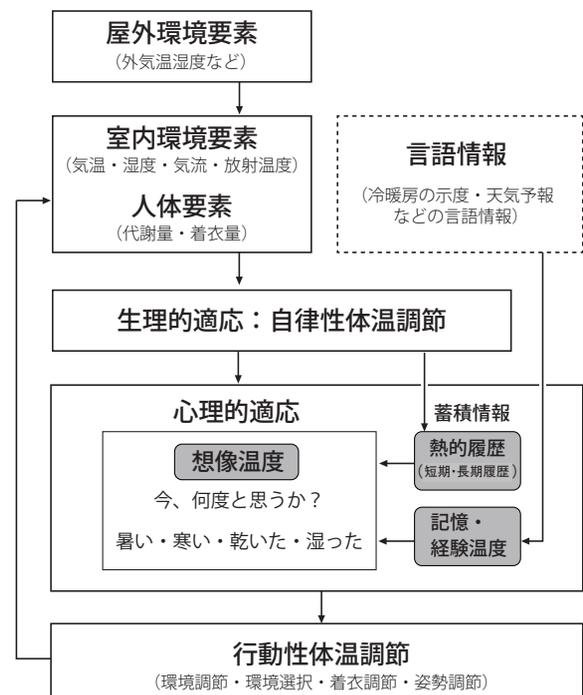


Fig.1 Thermal Adaptation Process and Cognitive Temperature

や住まい方などの長期履歴（地域性）が想像温度に与える影響を明らかにすることを目的とした。これが整理できれば、移動や滞在を伴う熱環境での快適性や、地域の気候風土・季節の住まい方を考慮した建築環境の設計・運用を支援する知見が得られると考えられる。

2. 実験・調査概要

実験は札幌市立大学・福山大学・熊本県立大学の学生・職員を被験者とし、札幌と熊本では2019年8月3～9日の7日間、福山では7月26日～8月4日の10日間で行なった。実験前に、熊本県立大学で研究倫理申請を行ない、承認を得て実施した。被験者は、札幌では学生11人、福山では学生8人、熊本では学生8人・職員6人の計14人を対象とした。実験期間中、被験者の日常曝されている熱環境を把握するため、空気温湿度計を携帯させ、2分間隔で計測した。また、被験者には任意の場所・時間にて想像温度・寒暑感・快適感などを「温度手帳」と呼ぶ記録帳に1日3回（最高5回）を目安に申告してもらい、毎申告後に実際の空気温度を確認してもらった。温度手帳の内容をTable.1に示す。なお、熊本の職員は平日の勤務時間（9:30～16:30）のみに申告を行ない、学外には温湿度計を携帯しないこととした。また、実験開始前に各被験者の夏の住まい方として想像の暑熱不快温度や冷房・扇風機の使用頻度などを調査した。

3. 外気温度と各被験者の空気温度

Fig.2は、実験期間中における札幌・福山・熊本の外気温である。8月3～7日の札幌では、日中の最高気温が30℃前後で猛暑日であった。しかし、8月8～9日の2日間は、曇りであったため日最高外気温が24℃前後であった。一方、福山では、実験期間中の7月26日～8月4日にかけて、日最高外気温が32～34℃であった。熊本では、台風により悪天候であった8月6日を除いては、概ね日最高外気温が34～36℃前後で、札幌や福山よりも厳しい暑熱環境であった。

Fig.3～Fig.5は、札幌・福山・熊本における実験期間中の被験者近傍の空気温度である。札幌では、被験者②の空気温度が比較的高いが、他の被験者は概ね24～28℃下で過ごしていた。福山では、28℃前後の環境下にいた者が多く、被験者②と⑥が30℃前後とやや高い熱環境に曝されていた。熊本では、被験者⑪以外は概ね28℃前後の環境下において、冷房空間に多くいたと推測される。以上より、3地域の被験者は概ね24～28℃の熱環境下で過ごしている。

4. 環境・人体要素の短期履歴と想像温度

Fig.6とFig.7は、札幌の被験者④、熊本の⑦の近傍空気温度と想像温度である。想像温度は、実際の空

Table.1 Contents of the Questionnaire

- Q1. 今の服装について教えてください。
- Q2. 今いる場所の温度は何℃だと思いますか？
- Q3. 屋外の気温は何℃だと思いますか？
- Q4. その場所は、次のどれ（寒暑感）に当てはまりますか？
- Q5. その場所は、次のどれ（快適感）に当てはまりますか？
- Q6. その場所の温度を記録してください。
- Q7. 温度を記入する前、何をしましたか？
- Q8. 時間と場所を記録してください。
- Q9. 今日、天気予報を見ましたか？

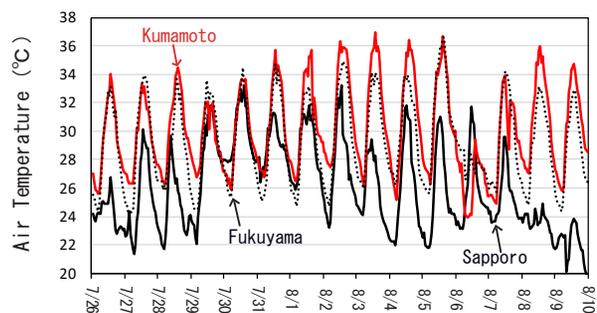


Fig.2 Variations of Outdoor Air Temperature

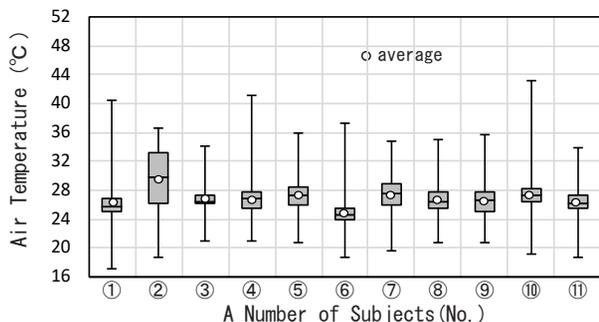


Fig.3 Surrounding Air Temperature beside the Subjects in Sapporo

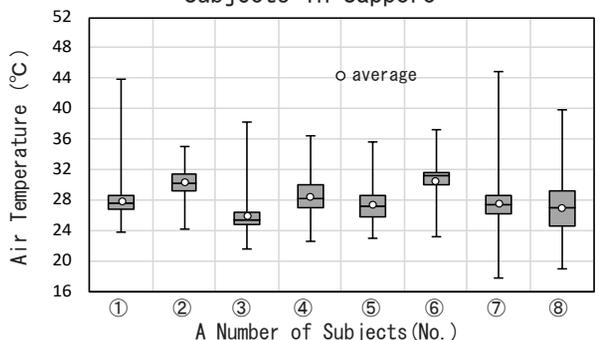


Fig.4 Surrounding Air Temperature beside the Subjects in Fukuyama

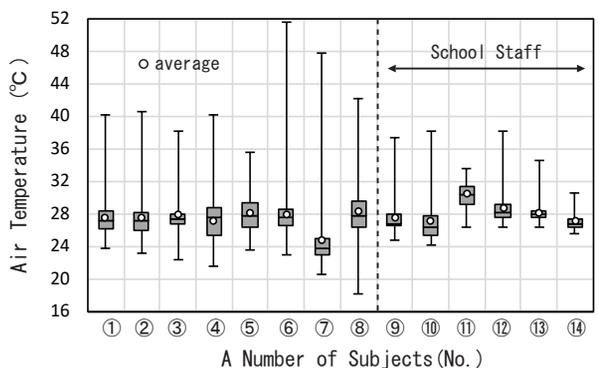


Fig.5 Surrounding Air Temperature beside the Subjects in Kumamoto

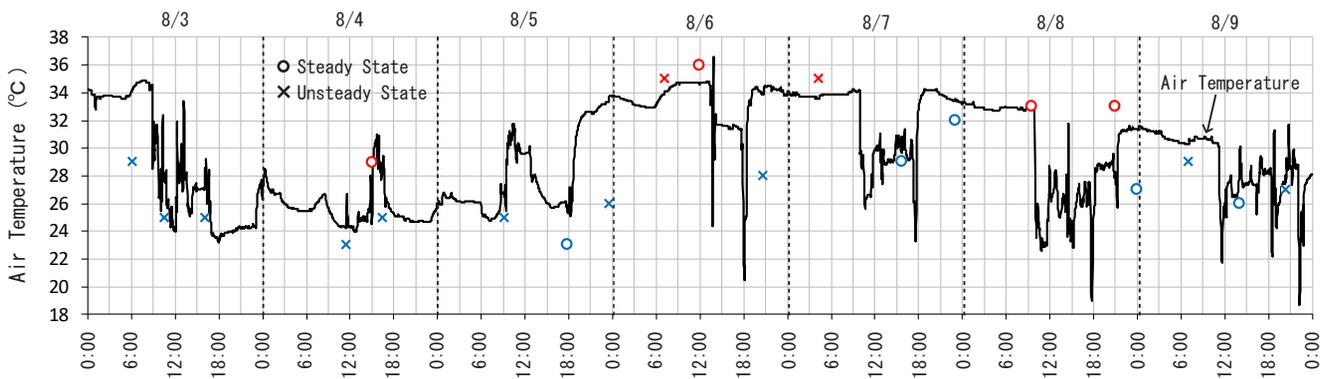


Fig. 6 Air Temperature Variation and Cognitive Temperature of a Subject (No. 4) in Sapporo

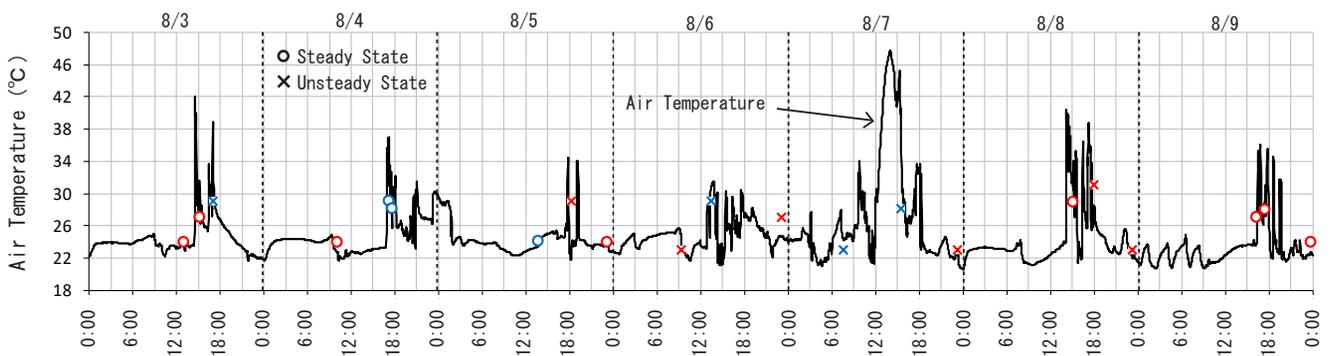


Fig. 7 Air Temperature Variation and Cognitive Temperature of a Subject (No. 7) in Kumamoto

Table.2 Thermal characteristics of Subjects

	No. 4 in Sapporo	No. 7 in Kumamoto
• Sensitive to Hot or Cold	Sensitive to Cold	Sensitive to Hot
• Cognitive Temperature with Hot Uncomfortable Sensation	32°C	30°C
• Air conditioning Usage Frequency at home	Not Used	Used Every Day

気温度より高い場合は赤、低い場合は青で示している。また、「温度手帳」のQ7の回答から申告直前の行動が軽作業、もしくは無しであれば、熱的な「定常状態 (Steady State): ○」、睡眠・食事・運動その他の代謝量に変化がある場合は「非常定常状態 (Unsteady State): ×」としている。なお、Table. 2 に両被験者の熱的知覚や住まい方に関する特徴を示す。

札幌の被験者④は、自宅に冷房がないため、自宅で過ごす時間が長かった8月6～9日の空気温度は32～34°Cであった。しかし、事前アンケートにて「寒がりである」と申告していたことから、全体的に実際の空気温度よりも低い温度を想像する傾向がある。実際の空気温度と想像温度に5°C以上の差が見られた8月3日の1回目、8月5日の3回目、8月6日の3回目では、いずれも自宅のリビングにいる時で、申告直前に空気温度の急な変化は無いが、睡眠や入浴、食事などの代謝量に変化する行動を取っていた。

熊本 of 被験者⑦は、毎日自宅で冷房を使用していた

ため、空気温度が22～26°Cであった。これは、札幌の被験者④よりも空気温度が8～12°Cも低く、「暑くて耐えられない」と感じる想像の暑熱不快温度は30°Cで札幌の④よりも2°C低い。実際の空気温度と想像温度に5°C以上の差が見られた8月5日の2回目、8月7日の2回目では、申告直前に代謝量に変化する行動を取っていて、過去30分間に屋外歩行時の日射など影響により空気温度の急激な変化があった。

環境・人体の要素が比較的定常状態であれば、両被験者ともに実際の空気温度に対して±3°C程度の範囲の温度を想像している。しかし、直前の行動や過去数分間の熱環境に変化がある場合、普段過ごしている空間でもその時の空気温度と想像温度には5°C以上の差が生じることを示唆している。

5. 想像温度の地域性

Fig. 8 は、札幌・福山・熊本における全被験者の想像温度の度数分布である。札幌は、被験者の平均空気温度であった26.9°Cに近い26～28°Cが多く申告されて

いた。福山では、25～27℃にかけて最も多く想像されていて、福山の被験者の平均空気温度であった28.1℃よりもやや低めであった。熊本では、札幌と同様に26～28℃にかけて最も多く想像されていて、熊本の被験者の平均空気温度であった28.2℃と同程度であった。

Fig. 9は、札幌・福山・熊本における実際の空気温度と想像温度の差の度数分布である。すべての地域で、実際の空気温度を正確に想像している申告が多く、分布はやや低い側に寄っている。福山・熊本では、実際の空気温度と±2℃以上になる想像温度の申告割合は少ないが、札幌では±0℃と同程度に申告されている。札幌と福山・熊本では、分布の形に差が見られたが、被験者には概ね実際の空気温度を想像する能力が備わっていた。

Fig. 10は、札幌・福山・熊本における想像温度と暑熱不快率の関係をロジスティック関数で近似したものである。被験者の8割が暑くて不快と感じるときの想像温度は、札幌で32℃、福山で33℃、熊本で34℃で地域差が見られた。なお、暑熱不快率と空気温度の関係も同様の結果が得られた。2010年に齊藤らが札幌・熊本の小学生を対象に行なった調査¹⁾では、札幌の全児童の8割が暑熱不快を感じる想像温度が30℃であったが、熊本では34℃でも半数程度であった。熊本では、今回の被験者の大学生と職員のような成人と、過去の調査対象の小学生では、暑くて不快と感じる温度に大きな差が見られた。これは、2010年の調査時に冷房のない教室で過ごす時間が多かった小学生よりも、冷房空間にいる時間が多い成人の方が普段曝されている空気温度が低いので、許容できる想像温度が低くなったと考えられる。

以上より、想像温度に地域差があることが改めて確認された。また、同じ地域においても長期的な熱環境の履歴の違いによって、ヒトの熱的な知覚や許容できる想像温度にも差が生じることが示唆された。

また、本報では推察にとどまるが、本実験の被験者は想像温度を回答した後に実際の温湿度計の示度を確認する作業を行なったため、言語（数値）情報としての「記憶・経験温度」が蓄積され、実験調査中に実際の空気温度を想像する能力が高まっていった可能性がある。長期的にこの作業を継続すれば、住まい手が自らが過ごす熱環境を正確に想像し、適切な住まい方を選択することにつながると考えられる。

※本研究は科研費（地域の気候風土を活かす「住みこなし」の想像温度による診断）の補助を受けて実施した。

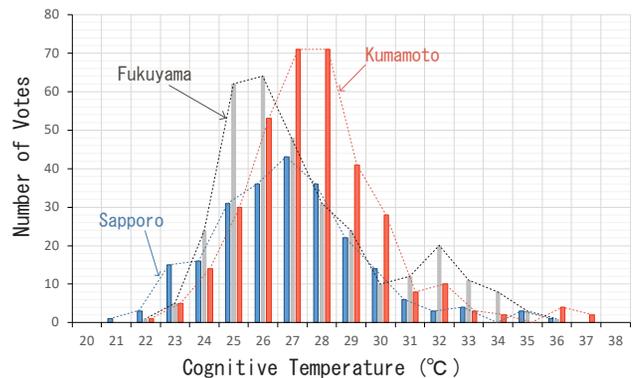


Fig. 8 Frequency Distribution of Cognitive Temperature

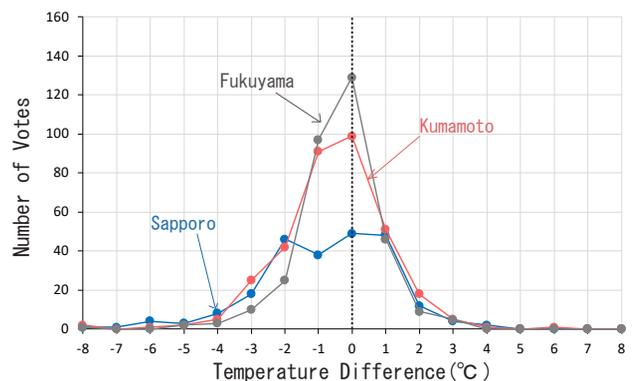


Fig. 9 Difference Between Air Temperature and Cognitive Temperature

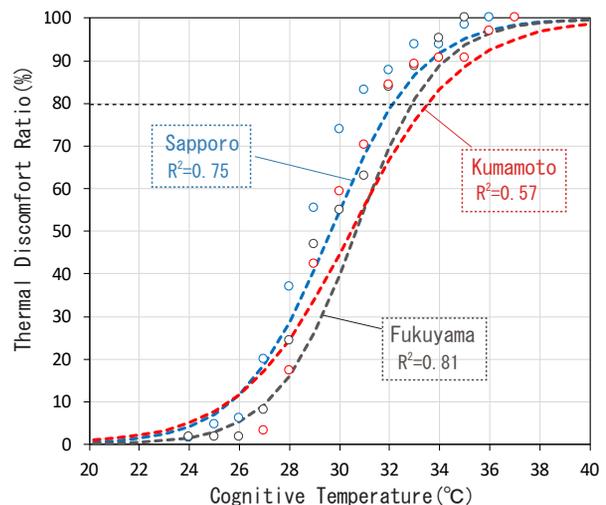


Fig. 10 Thermal Discomfort Ratio and Cognitive Temperature

参考文献

- 1) 齊藤雅也・辻原万規彦：ヒトの熱環境適応と想像温度に関する考察，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.33-36，2017.8.
- 2) 齊藤雅也・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，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.269-272，2018.9.
- 3) 原大介・辻原万規彦・齊藤雅也：夏季の室内外気候がヒトの温熱的快に与える影響（札幌・熊本の通風室・冷房室における被験者実験），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.273-276，2018.9.