

住みこなしのためのヒトの想像温度の評価と活用
Assessment and Utilization of Cognitive Temperature for Adaptive Lifestyle

2023年3月

札幌市立大学大学院
デザイン研究科 博士後期課程

佐々木 優二

要旨

建築分野のエネルギー使用量削減は喫緊の課題であり、それに向けて建築物や設備機器の性能向上が推進されている。エネルギー使用量削減にはヒトの住まい方が大きく影響するが、その中で我慢をする住まい方を行なうヒトがいることが明らかにされている。我慢をすればエネルギー使用量削減につながる可能性もあるが、熱中症やヒートショックなどの健康被害が生じる危険性もある。本来は、ヒトが熱的に「不快でない」状態を得ながら、自らが適切に環境を調整する住まい方が望ましいと考える。そのためには、ヒトが「不快でない」状態を認知するとともに、自らが環境調整行動を行なうような「住みこなし」の実現が必要と考えられる。

本研究では、「住みこなし」を「ヒトが「不快でない」状態を認知し、自ら環境調整行動を行なうことで「不快でない」状態を作り上げる」一連のプロセスと定義した。この定義に基づくと、「住みこなし」の実現のためにはヒトが「不快でない」状態を認知する必要があるが、それに想像温度が活用できるという仮説を立てた。そこで本研究では、「住みこなし」の実現に向け、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を示すとともに、「住みこなし」における想像温度の活用方法を提案することを目的とした。

第2章では、想像温度の特徴や有用性を示すことを目的としてシステマティックレビューを行なった。レビューの結果から、本研究では、想像温度を「想像温度は、曝されている温熱環境に対するヒトの認知情報であり、「今、何℃であるか？」という簡単な質問に対してヒトが回答する心理的な温度である。」と定義した。また想像温度は、空気温度、相対湿度といった物理量や、快不快感、寒暑感といった心理量に加えて、地域差・「住みこなし」・環境調整行動といった項目とも関連があり、それらの評価が可能であることを明らかにし、想像温度の有用性を明らかにした。

第3章では、「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態があることを被験者実験により明らかにした。さらに冬季には、「不快」から「不快でない」、「快適」へと快不快感が変化するにつれて、想像温度が有意に高くなる関係があることを明らかにした。このことから、「不快でない」の評価に想像温度が活用できることを示した。

第4章では、冬季の「住みこなし」に関連する熱伝導に着目し、被験者実験を行なった。被験者実験の結果、足裏を局所的に温めた場合に想像温度が有意に高くなることを明らかにした。またこのことから、第2章の結果と併せて、想像温度と物理量の関係を網羅的に整理

できた。さらに想像温度は、PMV や SET*といった既存指標では評価できない温熱環境であっても、ヒトの快不快感と関係性があることが明らかになり、想像温度のさらなる有用性を示した。

第5章では、気候が異なる北海道内4都市における夏季の住宅を対象に調査を行ない、実験環境下のみならず、実生活においても「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態が存在することを統計的検定により明らかにした。また「不快でない」状態は、空気温度ではその存在を明確化できない可能性が示唆された。そのため、ヒトが「不快でない」状態を認知するためには、想像温度が有用であることを明らかにした。また、寒暑感や体熱感、発汗感、許容度といった心理量に対しても、想像温度による評価が可能であることを統計的に明らかにした。各心理量の発現順に想像温度（中央値）を並べ替えたところ、「不快でない」→身体の内部に熱さを感じる→暑い→汗をかいている→不快である→受け入れられない」という順序が得られた。このことから、「不快でない」状態は、夏の「住みこなし」を考える際に着目すべき指標であることが示された。また想像温度は、「不快でない」申告時には地域差があることや、環境調整行動の実施数が増えれば高くなることが示され、想像温度と地域差、環境調整行動の関連も明らかにした。

第6章では、「住みこなし」として熱中症対策に着目し、想像温度により熱中症危険度が判定できることを明らかにした。具体的には、WBGTが25.0°C以上になる確率に着目することで、想像温度により熱中症危険度を判定できることを明らかにした。また、ロジスティック回帰分析の結果から、ヒトが熱中症対策を始めるきっかけとなる想像温度として、札幌市で25.0°C、帯広市で25.0°C、旭川市で26.0°C、釧路市で24.0°Cを提案した。さらに夏季においては、「不快でない」を基準に、さらにより「快適」な状態になるような「住みこなし」を行なうことができれば、熱中症対策にもなりえることを明らかにした。

第7章では、本研究で得られた結果を総括し、本研究の限界として限られた被験者数で分析を行なっていることや「不快でない」と「どちらでもない」の関係の整理が必要なこと、被験者属性を考慮した分析を行なう必要があることを示した。また今後の展望として、本研究で得られた結果を用いて、「熱中症対策を始める想像温度前線」を仮説として構築した。

Abstract

Reducing energy consumption in the building sector is an urgent issue, and the performance of buildings and equipment is being improved to meet this challenge. People's lifestyle has a significant impact on reducing energy consumption; some people tend to use energy conservatively. While such a lifestyle may lead to reduced energy consumption, it also poses health hazards risk, such as heatstroke and heat shock. People should be able to adjust their environment appropriately while achieving a thermally "not-uncomfortable" state.

In this study, "adaptive lifestyle" is defined as a series of processes in which humans recognize a state of "not-uncomfortable" and create this state through their environmental adjustment behavior. Based on this definition, it was hypothesized that cognitive temperature is utilized by humans to recognize the "not-uncomfortable" state and realize an "adaptive lifestyle." Therefore, this study aimed to demonstrate the usefulness of cognitive temperature and propose a method of utilization cognitive temperature in an "Adaptive Lifestyle."

In Chapter 2, a systematic review was conducted to demonstrate the characteristics and usefulness of cognitive temperature. In this study, cognitive temperature is defined as human cognitive information about the thermal environment to which humans are exposed, and is the psychological temperature at which humans respond to the simple question, "What temperature do you feel now?" Moreover, a systematic organization of the characteristics and issues related to cognitive temperature was conducted. Consequently, it was determined that cognitive temperature is related not only to physical quantities such as air temperature and relative humidity, and psychological factors such as thermal comfort and thermal sensation, but also to factors such as regional differences, "adaptive lifestyle," and environmental adjustment behavior. Furthermore, evaluating these factors is feasible, hence, revealing the usefulness of cognitive temperature.

In Chapter 3, a hypothesis was made that a state of "not-uncomfortable" is distinct from "uncomfortable" and "comfortable" states. The experiments conducted with subjects showed that these states are separate concepts. Additionally, a relationship was observed in winter where the cognitive temperature increases significantly as the sense of thermal comfort transitions from "uncomfortable" to "not-uncomfortable" and then to "comfortable." This suggests that cognitive temperature can be useful in assessing the state of "not-uncomfortable".

In Chapter 4, in winter, a subject experiment was conducted to investigate heat transfer in relation to an "adaptive lifestyle". The results revealed that cognitive temperature was significantly higher when the soles of the feet were warmed locally. This result, together with the results in Chapter 2, enabled to comprehensively understand the relationship between cognitive temperature and physical quantities. Furthermore, it was clarified that cognitive temperature is related to human thermal comfort, even in thermal environments that cannot be evaluated by existing indices such as predicted mean vote and standard new effective temperature, indicating the further usefulness of cognitive temperature.

In Chapter 5, a survey was conducted on summer residences in four Hokkaido cities with varying climates. The results of the survey statistically demonstrate the existence of "not-uncomfortable" conditions that are distinct from both "uncomfortable" and "comfortable" conditions, even in real-life situations. The results also suggest that the existence of the "not-uncomfortable" state may not be clarified by the air temperature and that the cognitive temperature is useful for humans to recognize the "not-uncomfortable" state. Further, it was statistically determined that psychological factors, such as thermal sensation, physical heat feeling, sweating, and acceptability can also be evaluated by cognitive temperature. When the cognitive temperatures (median) were rearranged in the order of occurrence of each psychological quantity, the following order was obtained: "not-uncomfortable," "physical heat feeling," ""hot" side vote of thermal sensation," "sweating," "uncomfortable," and "unacceptable." This indicates that the "not-uncomfortable" state can be an indicator to focus on when considering an "adaptive lifestyle" in summer. The results also show that there are regional differences in the cognitive temperature at the "not-uncomfortable" state, and that the cognitive temperature increases as the number of environmental adjustment actions increase.

In Chapter 6, focusing on heat stroke prevention as "adaptive lifestyle," it was clarified that cognitive temperature can judge heatstroke risk by focusing on the probability of wet-bulb globe temperature is above 25.0°C. Based on the results of logistic regression analysis, cognitive temperatures of 25.0°C in Sapporo, 25.0°C in Obihiro, 26.0°C in Asahikawa, and 24.0°C in Kushiro were proposed as triggers for humans to initiate measures against heat stroke. Moreover, it was determined that during the summer season, making an "adaptive lifestyle" more "comfortable" based on what was recognized as a "not-uncomfortable state," could serve as a countermeasure against heatstroke.

In Chapter 7, the study's results are summarized, and the following issues require attention: the analysis was conducted with a limited number of subjects, and the relationship between "not-

uncomfortable" and "neither uncomfortable nor comfortable" requires clarification. Additionally, it is necessary to conduct an analysis that takes into account the attributes of the subjects. As a future prospect, the results obtained in this study were utilized to construct a hypothesis regarding the "cognitive temperature front that initiates measures against heatstroke."

目次

第1章 序論

1-1. 背景と目的	2
1-1-1. 「住みこなし」の必要性	2
1-1-2. 本研究における「住みこなし」の定義	3
1-1-3. 想像温度の概要	7
1-1-4. 「不快でない」に関する整理	7
1-2. 本研究の目的	10
1-3. 本研究の構成	11

第2章 想像温度に関するシステムティックレビュー

2-1. はじめに	14
2-2. 研究方法	14
2-2-1. 調査方法の選定	14
2-2-2. 調査の概要	15
2-2-3. システムティックレビューの結果	15
2-3. 調査の結果	17
2-3-1. 抽出した研究の概要	17
2-3-2. 想像温度の定義	18
2-3-3. 想像温度と物理量の関係	21
(1) 想像温度と空気温度の関係	24
(2) 想像温度と外気温度の関係	29
(3) 想像温度と小型グローブ温度・平均放射温度 (MRT)	29
(4) 想像温度と放射エクセルギーの関係	30
(5) 想像温度と相対湿度の関係	31
(6) 想像温度と SET* の関係	31
(7) その他	32
2-3-4. 想像温度と心理量の関係	33
(1) 想像温度と快不快感の関係	33

(2) 想像温度と寒暑感の関係	35
(3) 想像温度と発汗感の関係	38
2-3-5. 想像温度と環境調整行動・地域差等の関係	38
(1) 想像温度の地域差に関する分析	39
(2) 想像温度と住みこなしの関係	40
(3) 想像温度と環境調整行動の関係	41
(4) その他	42
2-4. 第2章のまとめ	46
第3章 冬季の被験者実験による「不快でない」状態の存在に関する検証	
3-1. はじめに	50
3-2. 研究方法	51
3-2-1. 実験の概要	51
3-2-2. 想像温度・快不快感・寒暑感の測定方法	55
3-3. 実験の結果	56
3-3-1. 両室の空気温度・MRT・外気温度	56
3-3-2. 両室の寒暑感・快不快感・想像温度の申告	58
3-3-3. 両室の想像温度と快不快感の関係	62
3-3-4. 両室の想像温度と寒暑感の関係	65
3-3-5. 快不快感と「想像温度と空気温度の差」の関係	67
3-3-6. 寒暑感と「想像温度と空気温度の差」の関係	69
3-4. 第3章のまとめ	71
第4章 冬季の被験者実験による想像温度と熱伝導の関係の把握	
4-1. はじめに	74
4-1-1. 本章の背景と目的	74
4-1-2. 既往の研究	74
4-2. 実験の概要	75
4-3. 実験の結果	78
4-3-1. 物理量の測定結果	78

4-3-2. 心理量の測定結果	82
(1) 寒暑感・快不快感の結果	82
(2) 想像温度の結果	85
4-3-3. PMV・SET*と心理量の関係	89
4-4. 第4章のまとめ	91
第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握	
5-1. はじめに	94
5-2. 調査の概要	95
5-2-1. 調査の概要	95
5-2-2. 計測項目とアンケート	95
5-2-3. 体熱感 (Physical Heat Feeling) と寒暑感 (Thermal Sensation)	96
5-3. 調査結果	97
5-3-1. 調査結果の概要	97
5-3-2. 物理量の測定結果	97
5-3-3. アンケートの結果	100
(1) 想像温度の結果	100
(2) 心理量の結果	102
(3) 環境調整行動の結果	105
5-4. 心理量別の想像温度に関する分析	105
5-4-1. 快不快感別の想像温度・物理量	106
5-4-2. 寒暑感別の想像温度・物理量	112
5-4-3. 体熱感別の想像温度・物理量	117
5-4-4. 気流感別の想像温度・物理量	121
5-4-5. 発汗感別の想像温度・物理量	126
5-4-6. 許容度別の想像温度・物理量	131
5-4-7. 想像温度と心理量の分析のまとめ	136
5-4-8. 想像温度と環境調整行動の関係	139
5-4-9. 想像温度と空気温度の差とその経日変化	147
5-4-10. 想像温度と心理量・環境調整行動等の関係のまとめ	150

5-5. 第5章のまとめ	152
第6章 熱中症対策に着目した住みこなしのための想像温度の活用	
6-1. はじめに	156
6-1-1. 本章の目的	156
6-1-2. 熱中症危険度に着目する理由と想像温度の関係について	156
6-2. 調査結果	158
6-3. 想像温度による熱中症危険度の判定	161
6-3-1. 熱中症危険度と「不快でない」の関係	161
6-3-2. 熱中症危険度と心理量の関係	162
6-3-3. ロジスティック回帰分析の結果	164
(1) 警戒以上率に対するロジスティック回帰分析	165
(2) 不快申告率に対するロジスティック回帰分析	167
(3) 暑熱申告率に対するロジスティック回帰分析	169
(4) 体熱感申告率に対するロジスティック回帰分析	171
6-3-4. 発生確率50%のときの想像温度と空気温度の比較	173
6-3-5. ロジスティック回帰分析に基づく地域差の考察	174
6-4. 住みこなしのための想像温度の活用方法の提案	175
6-4-1. 熱中症対策における想像温度の活用方法の提案	175
6-4-2. 「不快でない」状態を認知する際の想像温度	176
6-5. 第6章のまとめ	178
第7章 総括	
7-1. 本研究の結論	180
7-2. 本研究の限界	182
7-3. 今後の展望	183
参考文献	185
謝辞	201
参考資料	203

第 1 章

序論

1-1. 背景と目的

1-1-1. 「住みこなし」の必要性

エネルギー使用量削減の推進は世界的に喫緊の課題である。特に建築分野が関係する業務・家庭部門のエネルギー使用量は全体の約3割を占め¹⁾、建築物のさらなるエネルギー使用量削減の推進が求められている。建築物のエネルギー使用量削減策はすでに大きく進んでおり、断熱性・気密性の向上や高性能設備の導入といった、建築物のハード側からのアプローチにより推進されている。例えば国土交通省は、脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律（2022年6月17日公布）において、省エネルギー基準の適合義務化の対象範囲を原則すべての新築建築物に広げる方針を打ち出しており、エネルギー使用量削減は国策としても推進されている²⁾。さらに最近では、上述のハード技術の推進に加えて、太陽光発電パネルなどの再生可能エネルギー設備を導入することで、建築物全体のエネルギー使用量が正味ゼロになるネット・ゼロ・エネルギー・ビルディング（ZEB）やネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）の建設が促進されている。ZEBやZEHの建設促進策として、国や地方公共団体による補助制度などが用意されている。例えば環境省による二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金や経済産業省による住宅・建築物需給一体型等省エネルギー投資促進事業³⁾、札幌市による再エネ省エネ機器導入補助金制度⁴⁾などがある。このように、建築物のハード側の性能向上によるエネルギー使用量削減は、すでに国や地方自治体により積極的に推進されている。

建築物のエネルギー使用量は、建築物のハードの性能に加えて、建築物を使うヒトの住まい方が大きな影響を及ぼすことが明らかになっている。例えば、遠藤ら⁵⁾は、北日本と沖縄を除く日本各地の戸建住宅を対象に省エネルギー行動を要請する介入実験を行ない、省エネルギー行動を実施した世帯は、電力使用量が年間約5.6%少なくなることを明らかにしている。同様に湯浅ら⁶⁾は、いくつかのエネルギー使用量削減に寄与する住まい方を提示し、それを住まい手に実行させる介入実験を行ない、平常時との比較を行なっている。その結果、単身世帯がエネルギー使用量削減に寄与する住まい方を実践することによって、最大44.6%のエネルギー使用量の削減につながることを明らかにしている。小野寺ら⁷⁾は、高性能住宅を対象にした実測調査から、家電のエネルギー使用量を考慮してネット・ゼロ・エネルギーとするためには、より一層の断熱強化等、省エネ・創エネの拡大とともに、家電機器の高効率化、居住者の省エネ行動等、暮らし方の検討も必要となることを指摘している。また小野

寺ら⁸⁾は、高性能住宅を対象に住まい手の省エネ行動の実態を調査し、高性能住宅であっても住まい方がエネルギー使用量に与える影響が大きく、住宅によっては約3倍の差が生じることを明らかにしている。これらの他にも数多くの研究蓄積があり^{例えば9~13)}、エネルギー使用量削減に対して、住まい方が重要な要素であることは明らかである。

他方、エネルギー使用量の削減に対して、我慢をする住まい方を行なうヒトがいることも指摘されている^{例えば14~19)}。また、エネルギー使用量削減が熱的に不快な状態になると考えているヒトが一定程度いることも示されている^{20, 21)}。確かに冷暖房を運転させなければ、エネルギー使用量削減につながると考えられるが、それにより熱中症やヒートショックといった健康被害が生じる可能性もある。熱中症やヒートショックは最悪の場合、死に至ることもあり、その発生を避ける必要がある。そのため本来は、ヒトが熱的に「不快でない」状態を得ながら、自らが適切に環境を調整する住まい方が望ましいと考える。そのためには、物理的な温熱環境条件やエネルギー使用量の値にのみ着目するのではなく、ヒトが「不快でない」状態を認知するとともに、自らが環境調整行動を行なうような「住みこなし」の実現が必要と考えられる。

1-1-2. 本研究における「住みこなし」の定義

「住みこなし」に関する既往研究は、建築計画学分野のものが多く、熱的な快不快感に着目したものは少ない。そこで、まず建築計画学における「住みこなし」の既往研究を整理した後、主に建築環境工学の既往研究を整理する。そのうえで、本研究における「住みこなし」の定義を行なう。

①建築計画学における「住みこなし」に関する既往研究の整理

古くは杉山ら²²⁾による研究がある。杉山らは、公団住宅における書斎の位置が経年で変化する「住みこなし」が行なわれていることを明らかにしている。大西は²³⁾、集合住宅で居住者が主体的に参加できる場面は、選択と住んだ後のインテリアをしつらえる「住みこなし」に限られていると指摘している。大月²⁴⁾は、同潤会代官山アパートを対象に調査を行ない、アパート内での移動や複数住戸の使用などにより、居住者が定住を続けるために「住みこなし」が行なわれている実態を明らかにしている。沢田ら²⁵⁾は、可動間仕切といった住戸平面を居住者が調整する建具など、住宅の設計コンセプトに時間軸の概念を取り入れる

ことで、より長い時間を「住みこなす」ことができる住宅供給の可能性を指摘している。馬ら²⁶⁾は、「住みこなし」を就寝場所の変更など改修工事を伴わない使用用途の変更と整理し、中国の集合住宅においても「住みこなし」が行なわれている実態を明らかにしている。同様に在塚²⁷⁾は、シルバーハウジングを対象に調査を行ない、居住者が「住みこなし」ややすい平面計画や空間構成を考慮している事例を紹介している。また在塚²⁸⁾は、世帯人員の年齢やライフステージが変化することで住宅の中での住まい方が異なることなど、家族の変化に応じた「住みこなし」が伝統的な農家でしか見られなかったことを指摘している。

これらの既往研究では、経年変化や居住者の年齢等に応じて、家具や建具を用いて間取りや空間構成を変化させる住まい方のことを「住みこなし」として扱っていると考えられる。

②本研究に関連する「住みこなし」に関する既往研究の整理

建築計画学の既往研究でも、快不快感に着目した調査を行なっているものがわずかにある。今井ら²⁹⁾は、自然風や太陽の熱をうまく利用して快適な環境を得るような居住者の「住みこなし」がどの程度行なわれているのかを調査し、通風を確保できる場合には、風の通り道を選んでくつろいだり新聞を読んだりするなど、「住みこなし」が積極的に行なわれていることを明らかにしている。また同様に中村ら³⁰⁾は、自然の風を取り込み、暑さをしのぐ夏季の「住みこなし」を行なっている世帯が一定程度あることを明らかにしている。これらのことから、夏季において「快適」な状態に着目した「住みこなし」は、実生活でも行なわれている実態がわかる。なお今井ら、中村らの調査手法はアンケートのみであり、「住みこなし」を行なっている際の温熱環境がどのような状態かは示されていない。

建築環境工学において「住みこなし」に言及した既往研究は少ない。金谷ら³¹⁾は、エネルギーコスト、環境、快適性などについて居住者が大変よく勉強していることで、高性能の住宅で「住みこなし」が行なわれている事例を紹介している。また、廣谷ら³²⁾は、「想像温度」に着目し、生徒が建物性能と設備を上手く使いこなしながら快適性を得られる「住みこなし術」の支援に生かすことを目標に研究を行なっている。その結果、想像温度と暑熱緩和行動の有無の関連を分析し、快不快感などの心理的な適応の状況を明らかにできる可能性を示している。中谷ら³³⁾は、北海道にあるオフィスを対象に調査を行ない、寒暑感・快適感・「想像温度」・環境調整行動を確認し、オフィスの建築・設備計画に対するスタッフの「住みこなし」について検証している。その結果、オフィス運用後の冬季1年目では「やや寒い」・「涼しい」かつ「不快」申告が多かったが、冬季2年目ではそれが解消されており、

スタッフが室内温熱環境の特性を理解して「住みこなし」が表れ始めたことを明らかにしている。中村ら^{34~37)}、中谷ら³⁸⁾、伊澤ら³⁹⁾、斉藤ら⁴⁰⁾も「住みこなし」に着目した調査を行なっている。これらの研究では、「住みこなし」を発現させるためには、自らが過ごす建築空間の温度を想像できる温度想像力を備えている必要があるとして、想像温度に着目した分析を行なっている。このとき、想像温度と実際の空気温度とが近い値であれば、その後の環境調整行動をより適切に選択できると仮説を立てている。このことを明らかにするために、想像温度の申告とそのときの空気温度の確認を行なう介入実験を行ない、想像温度の申告・空気温度の確認回数が増えるほど想像温度と空気温度の差が小さくなり、温度想像力を備えることができることを示している。

これらの研究は、ヒトが熱的に快適（または「不快でない」）状態を目指して、自ら環境調整行動をとることや、建築物の温熱環境の特性を理解して住まうことを「住みこなし」としてとらえていると考えられる。また「住みこなし」の評価に想像温度を活用していることが示された。

③本研究における「住みこなし」の定義

上述の既往研究の整理に基づき、本研究では「ヒトが「不快でない」状態を認知し、自ら環境調整行動を行なうことで「不快でない」状態を作り上げる」一連のプロセスを「住みこなし」と定義する。この定義に基づいて、本研究における「住みこなし」の考え方を次ページ図 1-1-1 に示す。「住みこなし」と環境調整行動に関連する用語として住まい方がある。住まい方は熱的な快不快感だけでなく、ライフスタイルなども含む広い意味を持つ。窓やカーテン開閉、着衣の調整等により「不快でない」温熱環境を作り上げる環境調整行動は、熱的な快不快感に着目した行動であり、住まい方に包含する概念と考えられる。本研究では、ヒト自らが環境調整行動により「不快でない」状態を作り上げ、その経験が集積することで、「住みこなし」が実現すると考えた。なお、この定義では建築計画学における行動も含みうると考えられるが、本研究では、熱的な快不快感に着目した「住みこなし」について扱う。

特に、廣谷らや中谷らなどでは、「住みこなし」の評価に対して想像温度に着目した分析を行なっている。本研究における「住みこなし」は、ヒトが「不快でない」状態を認知することが必要であるが、これに想像温度が活用できると考えた。しかし、ヒトが「不快でない」状態を認知するために想像温度が活用できるのか、また「住みこなし」の実現に想像温度が活用できるのか、の2点については明らかにされていない。

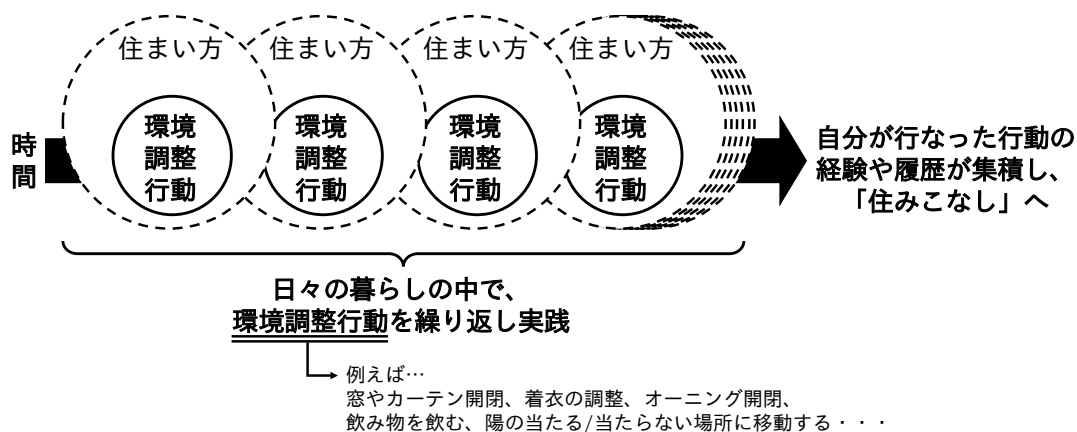


図 1-1-1. 本研究における「住みこなし」と環境調整行動の関係

④ 「住みこなし」による健康被害の回避とエネルギー使用量削減への効果

「住みこなし」は、本研究における定義にあるとおり、熱的に「不快でない」状態を作り上げるものである。「不快でない」状態を作り上げることで、不快な温熱環境を回避でき、すなわち我慢をしない温熱環境になりえるため、結果として熱中症をはじめとした健康被害の回避にもつながると考えられる。ここで、熱中症について解説する。現在、我が国の熱中症危険度の評価には、湿球黒球温度（WBGT：Wet Bulb Globe Temperature）が用いられている。WBGTの計算には湿球温度・黒球温度・乾球温度の3つが必要であり、一般家庭において正確なWBGTの継続的な表示は困難である。このことから、居住者は実生活下において熱中症危険度を簡便に確認することは困難である。また、Francesca et al.⁴¹⁾は、ヒトがWBGTの値と空気温度を混同して認知しており、普段経験している温熱感覚に基づいて熱中症危険度を解釈している場合が多いことを指摘している。これらのことから、熱中症危険度を簡便に判定する手法として居住者が普段経験している温熱感覚に基づく指標が良いと考えられる。このことから、想像温度に着目し、適切に「住みこなし」が実践できれば、熱中症対策にもなりえると考えられる。

また「住みこなし」の実践により過剰に冷暖房を使用することはなく、結果としてエネルギー使用量の削減につながる可能性が考えられる。これらのことから、「不快でない」状態を作り上げる「住みこなし」は、健康被害の回避やエネルギー使用量削減を考慮するうえで必要十分条件になりえると考えられる。

1-1-3. 想像温度の概要

想像温度の詳細の説明は第2章に記すため、ここでは簡潔に説明する。

想像温度は2009年に斉藤⁴²⁾により提案された概念である。想像温度は、曝されている温熱環境に対するヒトの認知尺度であり、「今、何℃であるか？」という簡単な質問によりヒトが回答することで得られる。想像温度は、空気温度や小型グローブ温度をはじめとした物理量や、快不快感や寒暑感といった心理量、また環境調整行動との関係性も明らかになりつつある。さらに想像温度により地域差の評価も可能なことが示唆されている。このように、想像温度は「不快でない」状態の評価や「住みこなし」を実現するために活用することが期待できる。しかし、想像温度は比較的新しい概念であるため、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等の関係がどこまで明らかになっているのか、系統的には整理されていない。

1-1-4. 「不快でない」に関する整理

本研究における「住みこなし」の定義では、ヒトが「不快でない」状態を認知する必要がある。そこでまず、建築環境工学における熱的な快不快感の整理を行なう。

①建築環境工学における熱的な快不快感の申告方法

ヒトの熱的な快不快感の評価には、定常熱環境下での実験室実験データに基づく予測平均温冷感申告（以下、PMV とする）や新標準有効温度（以下、SET* とする）などの国際標準による体感尺度が活用されている^{43,44)}。特に SET* に対応する快不快感は、図 1-1-2 に示すように、「不快」と「快適」が対置することを前提としている。例えば図 1-1-2 は、日本建築学会で学会規準として紹介されている7件法のアンケート設問である⁴⁵⁾。このほか、5件法や片側4件法など、いくつかの種類が紹介されているが、基本的には「不快」と「快適」が対置されている。また上記の規準では、「不快」と「不快でない」を対置した設問も紹介されているが、このとき「快適」という設問は設けられていない。



図 1-1-2. 建築環境工学において一般的な快不快感の概念

②消極的快適性と積極的快適性

他方、工学的に快適とは「不快でない」という消極的な定義であるとされている⁴⁶⁾。例えば堀江⁴⁷⁾は、「快適範囲とは「不快でない」という **negative** な意味しか持たない」としてしている。さらに「pleasant, この語の意味は、これまでの **comfort** なる語が楽な状態, すなわち生理的に安易な状態を指すことが主であったのに対し, もっと活力のある快適さを示すものと思われる」とし、熱的な快不快感には消極的快適性と積極的快適性があることを指摘している。久野⁴⁸⁾、Kuno et al.⁴⁹⁾、原田ら⁵⁰⁾は、プレザントネスという積極的な快適性の存在があることを整理したうえで、積極的快適性に着目して二次元温冷感モデルを開発している。この二次元温冷感モデルは、環境の状態と生理的な状態を示す二軸を用いて、この平面上に心理的プロセスを図示することができる概念である。なお久野⁵¹⁾は、古くは寒暑感の「暑くも寒くもない」状態を「快適」ととらえられていたことも示している。さらに久野⁵²⁾は、温冷感においては、プレザントネスを快適と考える人は **neutral** な状態を中立と答える可能性があるが、**neutral** を快適と考える人にとっては中立点がないことを指摘している。堀江や久野らと同様に、堀越ら⁵³⁾は、「暑くも寒くもない」ということに象徴的に表される「不快でない」快適性と、積極的快適性の区別が必要であることを指摘している。

瀬尾ら⁵⁴⁾、坊垣⁵⁵⁾は、快適感の構造を不快レベル・快適レベルという概念で整理している。この中で、「不快レベル1」が熱的な不快に、「快適レベル1」が消極的快適性に、「快適レベル2」が積極的快適性に該当するとし、堀越らと同様に消極的快適性と積極的快適性を区別している。

小玉^{56,57)}は、パッシブデザインの研究において快適の質に着目し、人工環境は快適ではあるものの単調・均質で無味乾燥である一方、パッシブデザインは自然と交感する快適さがあり、それはまた与えられる快適さや管理された快適さではなく、ヒトが自ら作る快適さの追求が前提である、と表現している。消極的・積極的快適性という語は用いていないが、同様の視点を持って考察、分析していると考えられる。

③「不快でない」と消極的快適性

先述のとおり、現在の建築環境工学における「不快でない」と「快適」は、消極的な場合には同一視されていると考えられる。しかし、消極的快適性や積極的快適性を明確に分けずに「快適」という語がアンケートに用いられている可能性も考えられる。そのため、研究者が「不快でない」と想定して「快適」申告を得ていたとしても、回答者は「快適」と考え申告している可能性もある。このことから、熱的な快不快感の申告の意味を明確にするためには、「不快」と「快適」だけでなく、「不快でない」という尺度を同じ調査の中で用いる必要があると考えられる。

これらのことから、本研究では、消極的快適性の概念には「不快」と「快適」とは異なる「不快でない (Not-uncomfortable)」状態が存在すると仮説を立てた。この仮説の「不快でない」は、「不快」とも「快適」とも異なるため、我慢をしないで住まうことや、過剰なエネルギー使用量にならないための必要十分条件になりうると考えられる。また、「不快」な温熱環境がさらに悪化した場合、熱中症やヒートショックといった健康被害が生じる危険性があるため、「不快」の先に「危険」や「死」という状態があることも考えられる。

これらを踏まえ、図 1-1-3 に、本研究における快不快感の仮説を示す。この仮説に示すように「不快でない」状態が、「不快」と「快適」と異なる状態として存在するのはいまだ明らかになっていないため、実験や統計的検定により検証する必要がある。

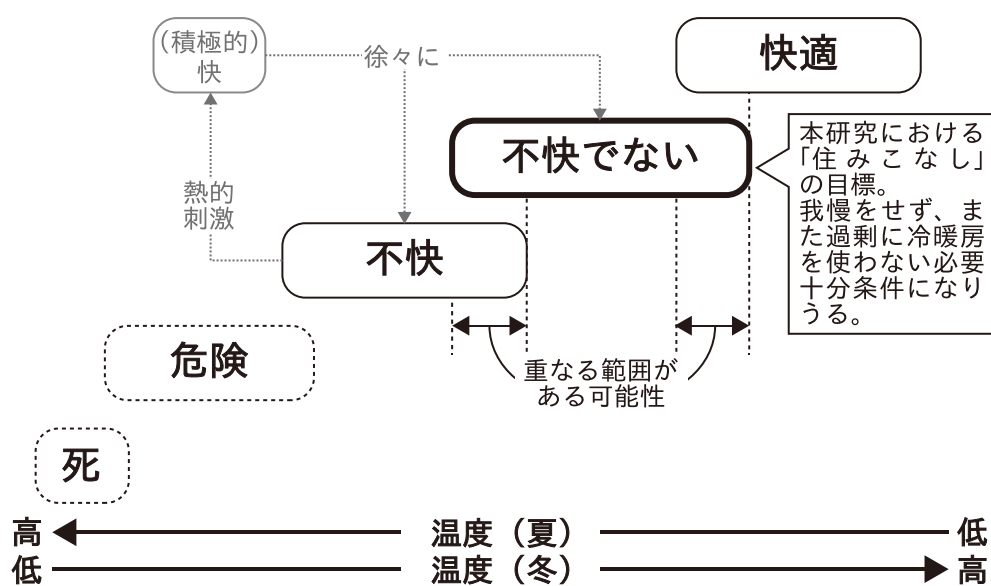


図 1-1-3. 本研究における快不快感の概念図 (仮説)

1-2. 本研究の目的

これまで述べたとおり、「住みこなし」には想像温度が活用できる可能性が示唆されているが、どのように活用できるのかはまだ明らかになっていない。また、本研究では、「住みこなし」を行なうためには、ヒトが「不快でない」状態を認知することが重要と整理しているが、この「不快でない」状態が「不快」と「快適」とは異なる概念であることを明らかにする必要がある。特に、本研究では「住みこなし」の評価や実現に想像温度が活用できると考えている。そのため、「不快でない」状態の評価に想像温度が活用できるのかを確認するとともに、「不快でない」状態以外における想像温度の温熱環境評価に対する有用性を整理し、解明する必要がある。しかし、想像温度は比較的新しい概念であり、想像温度と物理量や心理量、環境調整行動等との関係について、系統的な整理はされていない。

これらのことから、本研究では、「住みこなし」の実現に向け、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を示すとともに、「住みこなし」における想像温度の活用方法を提案することを目的とする。具体的には、本研究の目的を達成するために、以下の4つを明らかにする。

- ① 想像温度の特徴を系統的に整理し、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を明らかにする。
- ② 熱的な快不快感に「不快でない」状態が存在することを統計的検定により確認したうえで、想像温度が「不快でない」状態の評価に活用できることを明らかにする。
- ③ ①、②を踏まえ、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等との関連性を明らかにする。
- ④ さらに①～③を踏まえ、「住みこなし」の1つとして、ヒトが熱中症対策を始める際のきっかけとなる想像温度を明らかにする。

1-3. 本研究の構成

本研究の構成を次ページ図 1-3-1 に示す。本研究は、「住みこなし」の実現に向けて、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を示すとともに、「住みこなし」における想像温度の活用方法を提案することを目的とし、以下の7章によって構成される。

第1章では、本研究に関する研究の背景や「住みこなし」の定義を行ない、本論文の目的と概要を示した。

第2章では、想像温度に関するシステマティックレビューを行ない、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等との関係について、現時点で何がどこまで明らかになっているのかを系統的に整理する。

第3章では、冬季の非定常条件下における被験者実験を行ない、ヒトの熱的な不快不快感に「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態が存在することを明らかにする。このとき、想像温度を用いて評価を行ない、想像温度が「不快でない」状態の評価に活用できることを示す。

第4章では、既存評価指標では考慮していない熱伝導と想像温度の関係を明らかにする。具体的には、比較的寒冷な条件下において、ヒトの足裏へ局所加熱を行なう被験者実験を行ない、足裏への局所加熱により想像温度が上昇することを示す。

第5章では、夏季の北海道の住宅を対象としたアンケートと温熱環境の実測調査を行ない、実生活でも「不快でない」状態が存在することを示すとともに、第3章と同様に、想像温度が「不快でない」状態の評価に活用できることを示す。また、想像温度と心理量・環境調整行動等との関連についても明らかにし、想像温度の温熱環境評価に対する特徴を明らかにする。

第6章では、「住みこなし」の1つとして熱中症対策に着目し、想像温度により熱中症危険度の判定が可能であることを明らかにする。またこの結果から、ヒトが熱中症対策を始める際のきっかけとなる想像温度を提案し、想像温度が「住みこなし」に活用できることを示す。また併せて、夏季に「不快でない」状態となる想像温度を地域別に示し、「住みこなし」のための想像温度の活用方法を提案する。

第7章では、本研究で得られた成果の総括と、今後の展望について示す。

第1章 序論

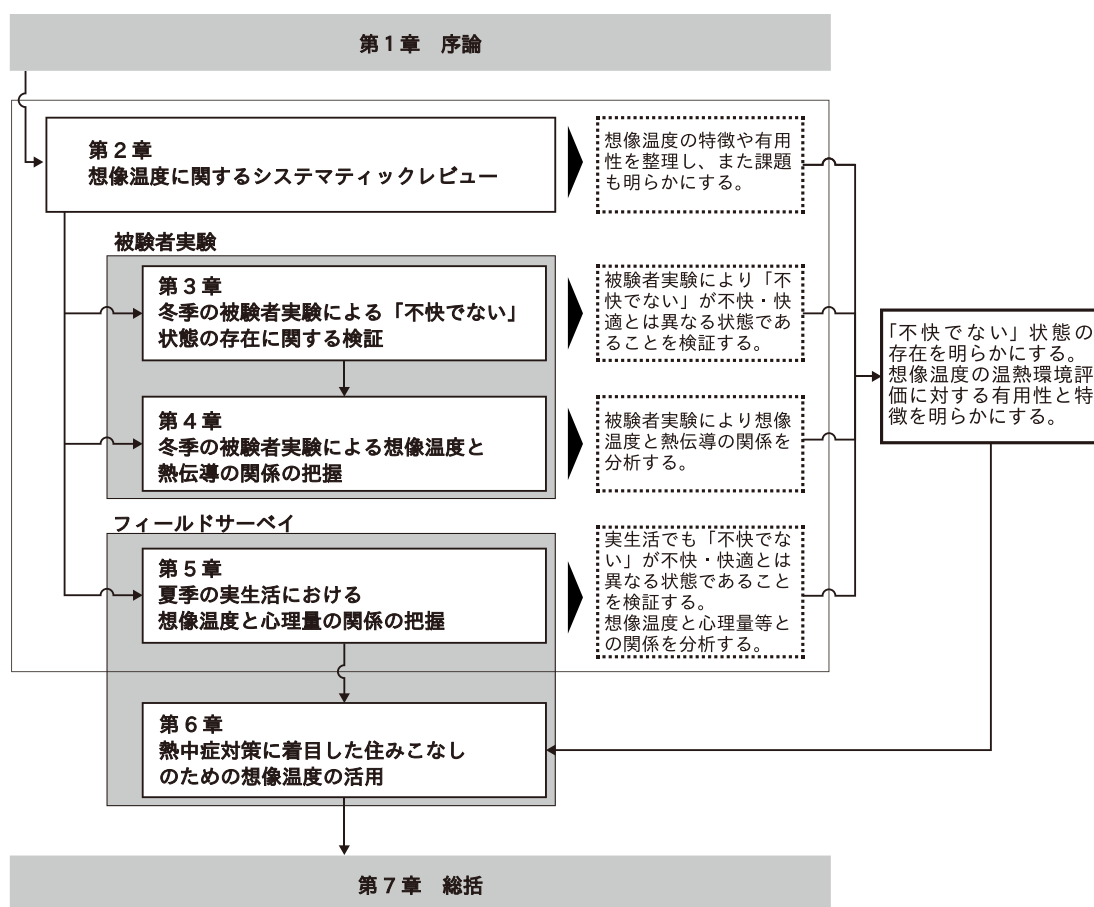


図 1-3-1. 本研究の構成

第2章

想像温度に関する

システムティックレビュー

2-1. はじめに

第1章で述べたように、想像温度は比較的新しい概念である。そのため本章では、想像温度に関するシステムティックレビューを行ない、本研究における想像温度の定義を行なう。その後、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等との関係について、何がどこまで明らかになっているのかを系統的に整理するとともに、温熱環境評価に対する有用性を示す。

2-2. 研究方法

2-2-1. 調査方法の選定

想像温度は齊藤⁴²⁾により提案され、提案から現在までで約13年が経過している。その間、査読論文の出版や各種学会での口頭発表が行なわれており、想像温度に関する研究や知見が一定程度蓄積されている。そこで、想像温度に関する研究について系統的なレビューを行ない、想像温度と物理量（空気温度や放射温度など）、心理量（寒暑感や快不快感など）などとの関係性を整理するとともに、想像温度と何が、どのような関係性を持つのかを明らかにする。

本研究では、系統的に研究をレビューする方法としてシステムティックレビューを用いる。システムティックレビューは、あるテーマに関する研究について、明確な方法を用いて研究を選定し、それらを分析する研究手法のことである⁵⁸⁾。以降に詳細の手順を示す。

2-2-2. 調査の概要

本研究では、調査で想像温度を取得し、かつ分析を行なっている研究を選定するために、PRISMA 2020 声明を参考にした手順で研究を選定した⁵⁹⁾。

本研究では、検索語として「想像温度」「申告温度」「cognitive temperature」の3つを用いた。「想像温度」は本研究の対象とするキーワードであり、「cognitive temperature」はその英訳である。また、「想像温度」に関する研究の選定を行なっている中で、「申告温度」という語で同様の調査・分析を行なっているものが見受けられたため、この「申告温度」を検索語として選定した。類似する語として「体感温度」があるが、これは建築環境工学において既に定義されているため除外した。また同様に「認知温度」は、事前に抽出を試みたが、熱的快不快感に関連する文献が検索されなかったため検索語から除外した。なお研究の検索は、Google Scholar、CiNii Research、J-STAGE、一般社団法人日本建築学会アーカイブの4か所で行った。

2-2-3. システマティックレビューの結果

研究の抽出フローを次ページ図 2-2-1 に示す。2022年9月30日に3つの検索語で検索した結果、489件の文献を取得することができた。まず、スクリーニングを実施し、重複が211件、目次等の研究以外の記録が5件あり、273件となった。その後、題名・抄録を確認して178件を除外した。そこからさらに、同一の調査・分析の研究(14件)、熱的快適性に関係のない分析(2件)、本研究の第3章に該当する筆者の研究(1件)を除外した。その結果、最終的に78件となり、これらの研究をレビューの対象とした。以降では、この78件のレビューについて述べる。

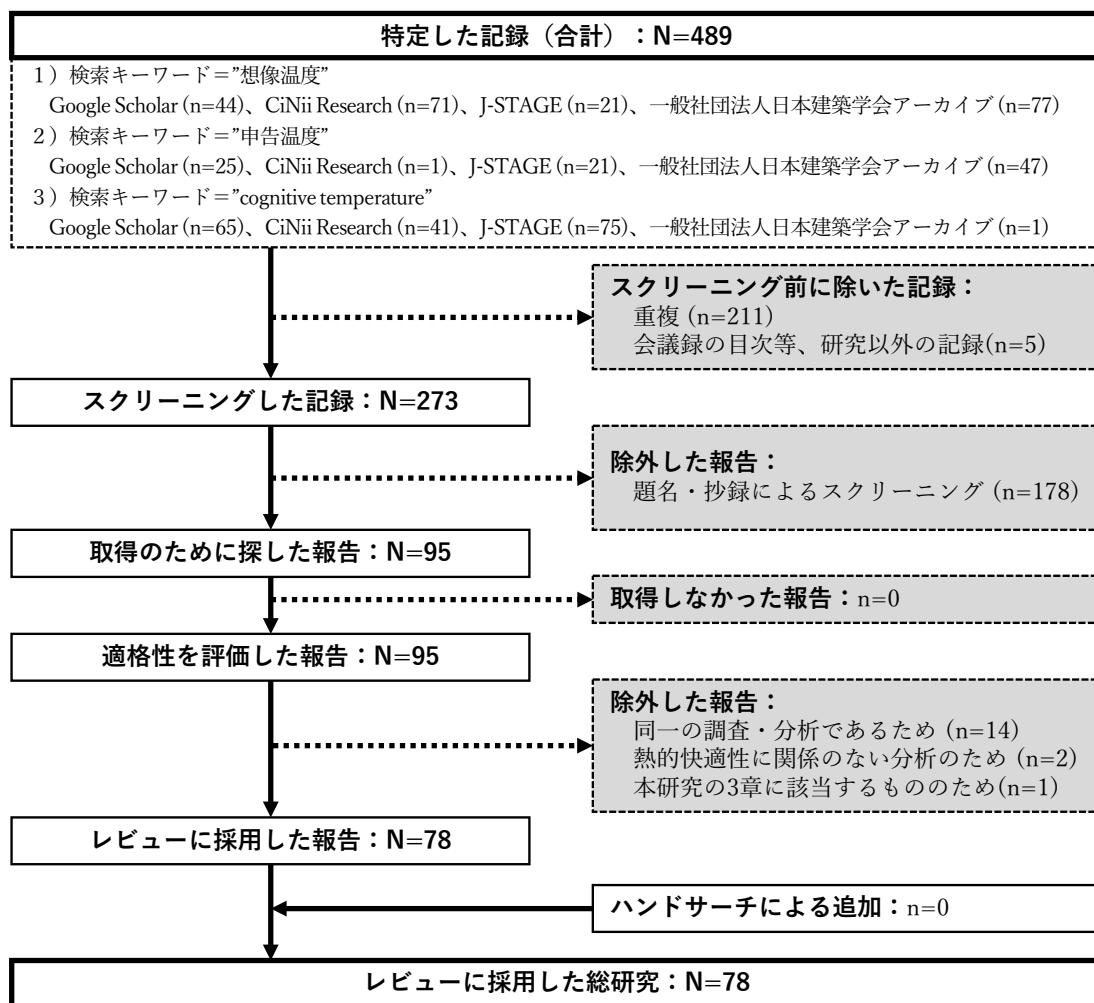


図 2-2-1. レビューに用いた研究の抽出フロー（2022年9月30日実施）

2-3. 調査の結果

2-3-1. 抽出した研究の概要

本研究では、抽出した研究を査読有、概要審査有、書籍、博士論文、査読無の5つに分類して集計した。表 2-3-1 に分類別の研究数とその割合を示し、図 2-3-1 に本研究で得られた78の研究の発表年毎の研究数を示す。想像温度が提案された2009年以前の研究は、2007年、2008年ともに、想像温度を提案した斉藤によるものである。また2000年の松岡ら⁶⁰⁾の研究は、想像温度の原型ともいえるものであり、「夏季に快適と想像する温度」を調査している。

2009年の想像温度の提案以降、想像温度に関する研究が毎年発表されていることがわかる。また最近ではその発表件数が増加傾向にあり、近年では査読論文も毎年発表されている。なお、2020年の研究数が2件と少ないが、まだアーカイブへの登録がされていない影響と考えられる。

表 2-3-1. 分類別の研究数とその割合

	査読有	概要審査有	書籍	博士論文	査読無
研究数	12	11	1	2	52
割合	15.4%	14.1%	1.3%	2.6%	66.7%

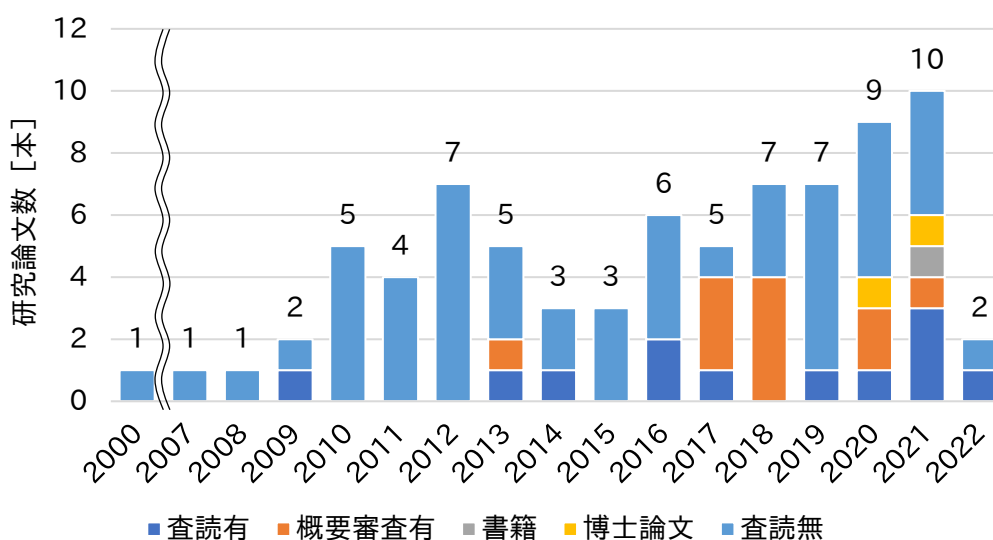


図 2-3-1. 発表年別・分類別の研究数

2-3-2. 想像温度の定義

先述のとおり、想像温度は、齊藤⁴²⁾により任意の温熱環境下においてヒトが頭の中で想像する温度 (Cognitive Temperature Scale) として提案された概念である。

上記の説明を見ると、想像温度は「ヒトが想像する温度」であり、空気温度や放射温度など、想像させる対象を明確にさせ、推測させるものではないと考えられる。

他方、レビューを行なった 78 の研究の中には、想像温度に関する定義をしているものや、想像温度の説明をしているものが 49 件あった。そのため、想像温度の定義についてもレビューを行ない、どのような定義や説明がなされているのかを明らかにしたうえで、本研究における想像温度の定義を明確化する必要があると考えられる。

レビューにより得られた想像温度の定義や説明を次ページ表 2-3-2 に示す。なお、重複を避けて集計している。具体的には、定義・説明の文言には類似するものが多数あり、その場合は同一のものとして集計している。例えば、「今、何°Cだと思うか?」と「今、何°Cであるか?」と「いま何°Cか?」は同一の説明と考えられるため、「今、何°Cであるか?」に統一して集計している。

表 2-3-2. 想像温度の定義・説明

想像温度の定義・説明	研究数	文献	カテゴリー
今、何℃であるか？	18	齊藤ら(2009、2011、2014、2018、2021) ^{42, 61~64)} 、成田ら(2010) ⁶⁵⁾ 、町口ら(2011) ⁶⁶⁾ 、三坂ら(2016) ⁶⁷⁾ 、津野ら(2017) ⁶⁸⁾ 、田中ら(2018) ⁶⁹⁾ 、新井ら(2018) ⁷⁰⁾ 、中村ら(2020、2021、2021) ^{34~36)} 、中谷ら(2020) ³⁸⁾ 、伊澤ら(2021、2022) ^{39, 71)} 、池上ら(2021) ⁷²⁾	1
室温が「何℃であるのか」と予想すること	13	齊藤(2008) ⁷³⁾ 、町口(2010、2010、2010) ^{74~76)} 、酒井(2011、2012) ^{77, 78)} 、永田ら(2012) ⁷⁹⁾ 、Watanabe et al.(2013) ⁸⁰⁾ 、竹林(2013、2014) ^{81, 82)} 、朝田(2016) ⁸³⁾ 、宿谷(2018) ⁸⁴⁾ 、本海(2019) ⁸⁵⁾	2
「この部屋の温度をどう感じるか？」という単純な質問に対して、居住者が出力する心理的な温度	5	Saito et al(2013、2015、2018) ^{86~88)} 、伊澤ら(2020) ⁸⁹⁾ 、Gautam Basudev(2021) ⁹⁰⁾	1
「いま、何℃であるか？」とヒトが脳を使って温度を想像することで得られる認知情報である。	4	廣谷ら(2019、2020、2020) ^{32, 91, 92)} 、齊藤(2019) ⁹³⁾	1
体感温度 ※齊藤ら ⁹⁴⁾ は、アンケートの設問の説明として「体感温度：温度計を見ずに何℃と感じるか」と記載している。	4	齊藤ら(2017) ⁹⁴⁾ 、中谷ら(2021) ³³⁾ 、新井ら(2019、2019) ^{95, 96)}	3
住まい手の温度感覚	1	齊藤(2007) ⁹⁷⁾	1
ヒトの温熱環境に対する心理尺度	1	齊藤ら(2017) ⁹⁸⁾	1
申告者自身の曝されている熱環境を一つの温度値として表現したものである。	1	新井ら(2021) ⁹⁹⁾	1
主観申告温度	1	三坂ら(2017) ¹⁰⁰⁾	4
摂氏温度にて表現	1	三坂ら(2021) ¹⁰¹⁾	4

表 2-3-2 に示すように、想像温度の定義・説明はいくつかあり、研究毎に別々に用いられていることが明らかになった。また、想像温度の定義・説明の中でも大きく4つに分類できると考えられる。表 2-3-2 の最右列にカテゴリを示し、以下でそれらの分類について説明する。

①「認知情報」であることを示す定義・説明

最も研究数が多い「今、何°Cであるか？」という定義は、他にも重複して使われている。具体的な対象は指定していない。また、「居住者が出力する心理的な温度」や「認知情報」、「心理尺度」といった、心理・認知に関する定義・説明がされていることが特徴である。

②「室温」の予想であることを示す定義・説明

「室温が「何°Cであるか？」と予想すること」という定義・説明は2番目に文献数が多い。①とは異なり、予想させる対象を室温と明確化していることが特徴である。

③「体感温度」であることを示す定義・説明

想像温度を体感温度と記載していることが特徴である。しかし、建築環境工学における体感温度とはすでに定義されており、空気温度、相対湿度、気流速度から計算される物理量である。そのため、想像温度と体感温度は分けて定義すべきと考えられる。

④その他の定義・説明

主に三坂らは「主観申告温度」や「摂氏温度にて表現」といった説明を行なっている。想像温度と同様の申告方法であるが、「想像温度」という語を使っていないことが特徴である。

以上のように、想像温度の定義・説明は4つに分類されたが、②は室温の予測をさせていること、③は想像温度と体感温度が混同していること、④は定義としては不十分であることなど、課題がある。そのため、本研究では①に着目し、想像温度を以下のように定義する。

■本研究における想像温度の定義

想像温度は、曝されている温熱環境に対するヒトの認知情報であり、「今、何°Cであるか？」という簡単な質問に対してヒトが回答する心理的な温度である。

2-3-3. 想像温度と物理量の関係

以降では、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等との関係を明らかにする。ここで関係とは、想像温度を用いて相関分析や回帰分析、分類毎の傾向といった単純集計ではない方法で分析を行なっている場合とした。そこで本研究では、まず想像温度と物理量の関係についてレビューを行なう。なお、前項で説明したように、想像温度には室温を予測させたものや体感温度、申告温度などと表現されているものもあるが、以降ではすべて「想像温度」と統一してレビューを行なう。想像温度と物理量の関係について、物理量の種類別の研究数とその割合を表 2-3-3 に示す。物理量の種類は、空気温度が 59.0%で最も多く、次いで、外気温度、小型グローブ温度・MRT、放射エクセルギーがそれぞれ 7.7%、相対湿度、SET*がそれぞれ 6.4%である。想像温度は、多くの物理量とその関係を分析されていることが明らかになった。

表 2-3-3. 物理量の種類別の研究数とその割合

物理量の種類	研究数	割合
空気温度	46	59.0%
外気温度	6	7.7%
小型グローブ温度・MRT	6	7.7%
放射エクセルギー	6	7.7%
相対湿度	5	6.4%
SET*	5	6.4%
気流速度	1	1.3%
着衣量	1	1.3%
WBGT	1	1.3%
人体エクセルギー消費速度	1	1.3%

ここで、想像温度と物理量の関係についてレビューを行なう前に、表 2-3-3 で用いた物理量のうち、専門的なものについて説明する。

①小型グローブ温度 [単位：℃]

小型グローブ温度は、空間内の代表点における放射温度である。本論文第 3～6 章では、温度センサーに 40 mmの灰色または黒色のプラスチック球を取り付けたものを用いた。

②MRT (平均放射温度：Mean Radiant Temperature) [単位：℃]

MRT は、物体を囲む全ての面からうける放射を平均化した温度である。MRT は、一般に以下の式 2-1 で計算される。

$$MRT = T_g + 2.37\sqrt{v}(T_g - T_a) \quad (2-1)$$

ここで、 T_g は小型グローブ温度[℃]、 v は気流速度[m/s]、 T_a は空気温度[℃]である。小型グローブ温度と MRT は異なるものであるが、どちらも放射温度を表す物理量であるため、本章では両者をまとめてレビューする。

③放射エクセルギー [単位：W/m²]

放射エクセルギーは、外気温度と周壁の放射温度の大小関係から、放射により物体を温める、または冷やす能力の大きさを表す概念であり、下記式 2-2 により計算される。

$$X_{rad} = \varepsilon\sigma \left\{ (T_{MRT}^4 - T_o^4) - \frac{4}{3}T_o(T_{MRT}^3 - T_o^3) \right\} \quad (2-2)$$

ここで、 ε は放射率 (0.95 [-])、 σ はシュテファン・ボルツマン定数 (5.67×10^{-8} [W/(m²・K⁴)]) である。また、 T_{MRT} は MRT の絶対温度[K]で、 T_o は外気の絶対温度[K]である。

④SET* (新標準有効温度 : Standard new Effective Temperature) [単位 : °C]

SET*は、空気温湿度、グローブ温度、気流速度といった環境側の4要素に加え、代謝量、着衣量といった人体側の2要素を加えた計6要素（以降、温熱6要素とする）から、定常条件下における人体熱収支に基づき計算される温熱環境評価指標である。また SET*は、寒暑感や快不快感と相関があることが明らかにされていることもあり、世界中で使用されている評価指標である。

なお、同様に世界中で使用されている評価指標として PMV がある。PMV（予測平均温冷感申告 : Predicted Mean Vote）[単位 : -] は、温熱6要素から、定常条件下を想定して計算されるもので、大多数のヒトが感じる温冷感の予測値である。PMV が±0.5 の範囲が快適とされる。

⑤WBGT (湿球黒球温度 : Wet Bulb Globe Temperature) [単位 : °C]

WBGT は、熱中症危険度の評価であり、国際標準 (ISO7243) や、我が国の日本産業規格 (JIS Z 8504) にも使用されている。室内で日射の影響がない場合には、以下の式 2-3 で計算される。

$$WBGT = 0.7T_w + 0.3T_g \quad (2-3)$$

ここで、 T_w は湿球温度[°C]、 T_g は小型グローブ温度[°C]である。

⑥人体エクセルギー消費速度 [単位 : W/m²]

人体エクセルギー消費速度は、温熱6要素に外気温湿度を加えた計8要素を用いて、熱力学第2法則に基づいた人体の熱収支を解くことで算出できる。人体エクセルギー消費速度は、人体内部での体温調節にかかる負荷ととらえることができ、この値が小さいほど、寒暑感で「どちらでもない」や快不快感で快適ないし「不快でない」温熱環境とされている。先述の放射エクセルギーは、人体エクセルギー消費速度を計算する際の入力条件になる。

以降では、想像温度と物理量の関係について、詳細に説明する。

(1) 想像温度と空気温度の関係

想像温度と空気温度の分析では、想像温度を目的変数、空気温度を説明変数とした単回帰分析や相関分析を行なっている研究がある。明らかになっている回帰式や相関係数等を表 2-3-4 から 2-3-8 に示す。調査対象により 5 パターンに分類した。分類によらず、すべての研究で、想像温度と空気温度には正の相関がみられる。このことから、調査の条件や季節、回答者の属性によらず、想像温度は空気温度が上下すると、追隨して上下する普遍的な関係性を有することが明らかになった。また、エアコンを用いない条件では、想像温度と空気温度の相関係数や回帰式の決定係数が、エアコンを使用している場合よりも大きい。松岡ら⁶⁰⁾、Rajan et al.¹⁰²⁾ の指摘と同様に、回答された想像温度がエアコンの設定温度に影響している可能性が示唆された。

一方で、27 ある回帰式のうち、決定係数を記載している研究に着目すると、決定係数の平均が 0.46 となる。このことから、想像温度は空気温度だけでなく、他の物理量の影響を受けていることが示唆された。なお、このように他の物理量の影響を受けていることを指摘している研究は、斉藤⁴²⁾、廣谷³²⁾ などがある。

このほか、想像温度と空気温度の差に着目した分析を行なっている研究もある。斉藤⁴²⁾ は、想像温度と空気温度の差は、被験者によりばらつきがあるが、1°C前後であることを示している。なお窓面温度を申告させた場合は、実際の窓面温度よりも 2°C程度高く、窓面温度の想像は困難だったことを示している。成田ら⁶⁵⁾ は、札幌の住宅を対象に調査を行ない、想像温度と空気温度の差と、空気温度の間には負の相関が見られることを示している。中村ら^{34~36)}、伊澤ら⁸⁹⁾ は、想像温度の出力に加えて、空気温度の確認を繰り返すことで想像温度と空気温度の差が小さくなることを明らかにしている。同様のことは伊澤ら³⁹⁾ も調査しており、経日変化と、空気温度と想像温度の差の絶対値に着目して相関分析を行ない、実験室調査を行なうことで空気温度と想像温度の差は小さくなり温度を想像する能力（温度想像力）が養成されたことを示している。本研究における想像温度の定義上、想像温度は空気温度の予測値ではないと考えられる。しかし、ヒトはもっとも身近な温度である空気温度を想像し、想像温度を回答している可能性も考えられる。また中村らや伊澤らは、「住みこなし」の実現に向け、温度想像力を持つことで適切な環境調整行動を行なうことが可能になると指摘している。そのため温度想像力の評価や実現に想像温度と空気温度の差が使用できる可能性が示されている。これらのことから、想像温度と空気温度の差に着目し、その関係性を明らかにすることは有用と考えられる。

表 2-3-4. 想像温度と空気温度の関係（学校を対象とした調査）

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
学校	なし	札幌市	夏	0.75	6.79	-	0.46	斉藤 ⁴²⁾	-
学校	なし	札幌市	夏	-	-	-	0.18	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	なし	札幌市	夏	-	-	-	0.05	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時
学校	なし	熊本市	夏	-	-	-	0.54	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	なし	熊本市	夏	-	-	-	0.76	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時
学校	暖房	札幌市	冬	-	-	-	0.12	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	暖房	札幌市	冬	-	-	-	0.42	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「寒くて授業に集中できない」申告時
学校	暖房	熊本市	冬	-	-	-	0.31	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	暖房	熊本市	冬	-	-	-	0.48	町口ら ⁷⁴⁾	小学生の「寒くて授業に集中できない」申告時
学校	なし	札幌市	夏	-	-	-	0.51	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	なし	札幌市	夏	-	-	-	0.70	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時
学校	なし	熊本市	夏	-	-	-	0.78	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	なし	熊本市	夏	-	-	-	0.54	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時
学校	暖房	札幌市	冬	-	-	-	0.75	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	暖房	札幌市	冬	-	-	-	0.68	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「寒くて授業に集中できない」申告時
学校	暖房	熊本市	冬	-	-	-	0.11	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	暖房	熊本市	冬	-	-	-	0.62	町口ら ^{75, 76)}	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時
学校	なし	札幌市	夏	-	-	0.86	-	斉藤ら ⁹⁸⁾	小学生の座席位置が窓側
学校	なし	札幌市	夏	-	-	0.88	-	斉藤ら ⁹⁸⁾	小学生の座席位置が教室中央
学校	なし	札幌市	夏	-	-	0.77	-	斉藤ら ⁹⁸⁾	小学生の座席位置が廊下側
学校	なし	熊本市	夏	-	-	0.93	-	斉藤ら ⁹⁸⁾	小学生の座席位置が窓側
学校	なし	熊本市	夏	-	-	0.84	-	斉藤ら ⁹⁸⁾	小学生の座席位置が教室中央
学校	なし	熊本市	夏	-	-	0.77	-	斉藤ら ⁹⁸⁾	小学生の座席位置が廊下側
学校	なし	札幌市	夏	-	-	-	0.51	斉藤ら ¹⁰³⁾	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	なし	札幌市	夏	-	-	-	0.64	斉藤ら ¹⁰³⁾	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時
学校	なし	熊本市	夏	-	-	-	0.01	斉藤ら ¹⁰³⁾	小学生の「普段通り授業を受けられる」申告時
学校	なし	熊本市	夏	-	-	-	0.07	斉藤ら ¹⁰³⁾	小学生の「暑くて授業に集中できない」申告時

表 2-3-5. 想像温度と空気温度の関係 (戸建住宅を対象とした調査)

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
戸建住宅	なし	関東	夏	0.506	13.26	0.46	-	竹林ら ⁸¹⁾	-
戸建住宅	なし	関東	夏, 秋	0.729	8.405	0.76	-	酒井ら ⁷⁷⁾	-
戸建住宅	なし	関東	夏, 秋	0.857	2.993	0.72	-	酒井ら ⁷⁷⁾	-
戸建住宅	なし	関東	夏, 秋	0.732	7.097	0.61	-	酒井ら ⁷⁷⁾	-
戸建住宅	なし	関東	通年	0.428	14.86	0.85	-	竹林ら ⁸²⁾	-
戸建住宅	なし	岐阜県	通年	0.862	1.959	0.86	-	永田ら ⁷⁹⁾	-
戸建住宅	なし	岐阜県	通年	-	-	0.86	-	本田ら ¹⁰⁴⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏	0.298	18.61	0.35	-	竹林ら ⁸¹⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏, 秋	0.621	10.097	0.59	-	酒井ら ⁷⁷⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏, 秋	0.534	12.12	0.58	-	酒井ら ⁷⁸⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏, 秋	0.492	13.736	0.36	-	酒井ら ⁷⁸⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	通年	0.907	1.071	0.44	-	竹林ら ⁸²⁾	-
戸建住宅	冷房	岐阜県	通年	0.29	18.858	0.27	-	本田ら ¹⁰⁴⁾	-
戸建住宅	暖房	幌加内町	冬	0.33	9.36	-	0.15	斉藤ら ⁹⁴⁾	-
戸建住宅	暖房	関東	通年	0.549	8.892	0.4	-	竹林ら ⁸²⁾	-
戸建住宅	暖房	岐阜県	通年	0.498	8.486	0.5	-	本田ら ¹⁰⁴⁾	-

表 2-3-6. 想像温度と空気温度の関係 (オフィスを対象とした調査)

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
オフィス	なし	関東	夏	0.576	9.5	0.45	-	新井ら ⁷⁰⁾	-
オフィス	なし	関東	夏, 秋	0.73	4.1	-	0.22	新井ら ⁹⁶⁾	-
オフィス	なし	関東	通年	0.892	1.062	0.59	-	朝田ら ⁸³⁾	-
オフィス	冷房	関東	夏	0.241	19.6	0.18	-	新井ら ⁷⁰⁾	-
オフィス	冷房	関東	夏, 秋	0.53	11.2	-	0.08	新井ら ⁹⁶⁾	-
オフィス	冷房	関東	通年	0.821	3.538	0.33	-	朝田ら ⁸³⁾	-
オフィス	暖房	関東	夏, 秋	0.61	7.2	-	0.15	新井ら ⁹⁶⁾	-
オフィス	暖房	関東	通年	0.591	7.878	0.26	-	朝田ら ⁸³⁾	-

表 2-3-7. 想像温度と空気温度の関係（実験室を対象とした調査）

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
実験室	冷房	札幌市	夏	0.26	19.49	-	0.08	斉藤ら ⁴⁰⁾	-
実験室	冷房	福山市	夏	0.86	3.99	-	0.81	斉藤ら ⁴⁰⁾	-
実験室	冷房	熊本市	夏	0.68	9.07	-	0.58	斉藤ら ⁴⁰⁾	-
実験室	冷房	札幌市	夏	-	-	-	0.58	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者4）
実験室	冷房	札幌市	夏	-	-	-	0.92	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者5）
実験室	冷房	札幌市	夏	-	-	-	0.7	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者6）
実験室	冷房	熊本市	夏	-	-	-	0.8	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者9）
実験室	冷房	熊本市	夏	-	-	-	0.48	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者10）
実験室	冷房	熊本市	夏	-	-	-	0.78	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者11）
実験室	冷房	熊本市	夏	-	-	-	0.52	原ら ¹⁰⁵⁾	被験者1人を抽出した分析（被験者12）

表 2-3-8. 想像温度と空気温度の関係（任意の場所で申告させた調査）（次ページに続く）

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
任意の場所	不明	札幌市	夏	-	-	0.58, 0.55, 0.48	-	中村ら ³⁶⁾	2019年の結果で、上段が実験前半、下段が実験後半。また左から順に「自信が付いた」「どちらでもない」「自信がない」申告。なお、想像温度は任意の場所で回答されている。
任意の場所	不明	福山	夏	-	-	0.75, 0.87, 0.77 0.75, 0.94, 0.95 0.94, 0.98, -	-	中村ら ³⁶⁾	
任意の場所	不明	熊本	夏	-	-	0.79, 0.69, 0.74 0.91, 0.87, 0.67	-	中村ら ³⁶⁾	
任意の場所	不明	札幌市	夏	-	-	0.85, 0.92, 0.68 0.78, 0.73, 0.67	-	中村ら ³⁵⁾	2020年の結果で、上段が実験前半、下段が実験後半。また左から順に「自信が付いた」「どちらでもない」「自信がない」申告。なお、想像温度は任意の場所で回答されている。
任意の場所	不明	福山	夏	-	-	0.74, 0.96, 0.98 0.96, 0.99, 0.92	-	中村ら ³⁵⁾	
任意の場所	不明	熊本	夏	-	-	0.65, 0.76, 0.97 0.83, 0.65, 0.86	-	中村ら ³⁵⁾	

表 2-3-8. 想像温度と空気温度の関係（任意の場所で申告させた調査）（前ページからの続き）

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
任意の場所	不明	札幌市	夏	-	-	0.74, 0.69, 0.64	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	札幌市	秋	-	-	0.73, 0.87, 0.76	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	札幌市	冬	-	-	0.77, 0.52, 0.66	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	福山	夏	-	-	0.82, 0.45, 0.40	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	福山	秋	-	-	0.85, 0.63, 0.74	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	福山	冬	-	-	0.87, 0.70, 0.47	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	福山	夏	-	-	0.78, 0.96, 0.92	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	福山	秋	-	-	0.93, 0.98, -	-	中村ら ³⁴⁾	上段が実験前半、下段が実験後半。また左から順に「自信が付いた」「どちらでもない」「自信がない」申告。なお、想像温度は任意の場所で回答されている。
任意の場所	不明	福山	冬	-	-	0.82, 0.77, 0.42	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	夏	-	-	0.92, 0.97, 0.95	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	秋	-	-	0.82, 0.77, 0.42	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	冬	-	-	0.90, 0.94, -	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	夏	-	-	0.70, 0.69, 0.72	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	秋	-	-	0.87, 0.87, 0.74	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	冬	-	-	0.81, 0.71, 0.63	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	夏	-	-	0.80, 0.80, 0.56	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	秋	-	-	0.86, 0.78, 0.67	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	熊本	冬	-	-	0.90, 0.79, 0.82	-	中村ら ³⁴⁾	
任意の場所	不明	札幌市	夏	-	-	0.75, 0.80, 0.62	-	中村ら ³⁷⁾	
任意の場所	不明	札幌市	秋	-	-	0.88, 0.64, 0.72	-	中村ら ³⁷⁾	
任意の場所	不明	福山	夏	-	-	0.84, 0.97, 0.92	-	中村ら ³⁷⁾	左から順に「自信が付いた」「どちらでもない」「自信がない」申告。なお、想像温度は任意の場所で回答されている。
任意の場所	不明	福山	秋	-	-	0.89, 0.86, 0.50	-	中村ら ³⁷⁾	
任意の場所	不明	熊本	夏	-	-	0.84, 0.80, 0.72	-	中村ら ³⁷⁾	
任意の場所	不明	熊本	秋	-	-	0.80, 0.79, 0.59	-	中村ら ³⁷⁾	

(2) 想像温度と外気温度の関係

想像温度と外気温度の関係を分析している研究は 7.6%あり、空気温度に次いで多い。斉藤ら⁹⁸⁾は、夏季の札幌と熊本の小学生を対象とした調査から、想像温度と外気温度に強い正の相関があることを明らかにしている。廣谷ら^{32, 91, 92)}は、想像温度との相関係数は、空気温度 (0.29) と比較して、外気温度 (0.51) の方が大きくなることを明らかにしている。一方で、三坂ら⁶⁷⁾は、夏季の屋外での実験から、両者に相関関係がないことを指摘している。このことから屋外における想像温度の調査はさらなる分析が必要と考えられる。

他方、尾身ら¹⁰⁶⁾は、外気温度と想像温度の差に着目した分析を行っており、想像温度と外気温度の直接の相関ではない方法で関係性を見出すことを試みている。その結果、想像温度と外気温度の差と放射エクセルギーに相関があることを明らかにしている。斉藤ら⁶³⁾は、札幌と熊本の小学生を対象にした調査結果を用いて共分散構造分析を行ない、外気温度は想像温度に直接影響するのではなく、潜在変数を經由して影響していることを指摘している。なお、この潜在変数について、斉藤らは記憶・経験温度と名付けており、外気温度だけでなく、天気予報などの温度情報の影響も受けた変数であることを指摘している。

以上のように、想像温度と外気温度の間には正の相関があること、さらには潜在変数を介した関係性があることが明らかになりつつある。

(3) 想像温度と小型グローブ温度・平均放射温度 (MRT)

想像温度と小型グローブ温度・平均放射温度 (以下、MRT とする) の関係を分析している研究は外気温度の場合と同数 (7.6%) あり、空気温度に次いで多い。

竹林ら^{81, 82)}は、関東の戸建住宅における 1 年間の実測調査から、累積度数が 50% となる時の空気温度とグローブ温度は 28°C であるのに対して、想像温度は 26.5°C であり、1.5°C 以上の差が見られたことを報告している。分析には 1 年間のデータを用いており、冷暖房使用時の結果も含まれていることに留意する必要があるが、想像温度は空気温度・グローブ温度よりも低い温度で申告されていることがわかる。

原ら¹⁰⁷⁾は、夏季の札幌における被験者実験を行ない、通風環境下では想像温度と MRT の分布に大きな差はないが、冷房室では想像温度の方が MRT よりも約 2°C 低いことを示している。通風時と冷房使用時では、想像温度の申告の傾向に違いがでる可能性がある。

池上ら⁷²⁾は、夏季の北海道における病院 (病室) の温熱環境実測を行ない、想像温度は空気温度・グローブ温度よりも低い傾向があることを示している。また、想像温度は空気温

度に必ずしも近いという訳ではなく、放射や気流速度、さらには外気温度や記憶・経験温度が影響する可能性を指摘している。

齊藤ら⁹⁴⁾は、冬季の幌加内町における戸建住宅を対象とした実測調査の結果から、空気温度・MRTをそれぞれ説明変数、想像温度を目的変数とした単回帰分析を行ない、想像温度の相関係数は、MRTの方が空気温度よりも大きくなることを明らかにしている。また齊藤ら⁹⁸⁾は、夏季の札幌と熊本の小学性を対象とした調査を行ない、想像温度とMRTの相関分析を行ない、両者には地域によらず強い正の相関があることを明らかにしている。

空気温度は小型グローブ温度やMRTよりも計測が容易であり、想像温度との分析でも空気温度の方が研究数は多い。しかし、これらの調査結果を踏まえると、想像温度の分析を行なう際には、空気温度に加えて、小型グローブ温度・MRTの計測が必要と考えられる。

(4) 想像温度と放射エクセルギーの関係

想像温度と放射エクセルギーの関係を分析している研究は外気温度・小型グローブ温度・MRTと同数(7.6%)であり、空気温度に次いで多い。廣林ら¹⁰⁸⁾は、想像温度と外気温度の差と放射エクセルギーについてべき関数で近似し、0.73~0.80の高い決定係数を得ている。またこれにより物理量から想像温度の推測が可能になるとしている。

尾身ら¹⁰⁶⁾は、外気温度と想像温度の差と、放射エクセルギーに着目し、外気温度と想像温度の差と放射エクセルギーの間には有意な正の相関が得られ、外気温度と空気温度の差を用いた場合とは異なり、概念上、矛盾しない結果となったことを示している。同様の結果は津野ら⁶⁸⁾でも示されている。津野らは、体勢の違いや場所の移動に伴い、想像温度や快不快感が異なるが、放射エネルギーよりも放射エクセルギーで確認すると明確な対応関係が確認できることを示している。

宿谷⁸⁴⁾、Shukuya¹⁰⁹⁾は、想像温度と放射エクセルギーの関係について、ヒトが経験した温度の高低により差異が生じることを明らかにしている。具体的には、経験した温度が高い群は、冷放射エクセルギーがわずかでも得られる場合には想像温度を低めに申告するが、経験した温度が低めの群は、温冷放射エクセルギーの違いによらず、想像温度の高低に違いがないことを明らかにしている。

さらに齊藤ら⁶⁴⁾は、冷放射エクセルギーを説明変数、想像温度を目的変数とした単回帰分析を行なっている。涼しさ感申告を得ていた平均想像温度は23°Cであり、その時の冷放射エクセルギーは1W/m²になることを明らかにしている。またこのとき、想像温度により

MRT と外気温度の関係を確認することができる設計用線図を作成している。

想像温度と放射エクセルギーには一定の関係性があると考えられる。前述のとおり、放射エクセルギーは物体を温める・冷やす能力を定量的に示すことができる概念である。また、想像温度と放射エクセルギーとの間に正の相関があることが明らかになったため、想像温度は放射エクセルギーの影響を受ける認知情報であることが示唆された。

(5) 想像温度と相対湿度の関係

想像温度と相対湿度の関係を分析している研究は 6.3% である。新井ら^{95, 99)} は、空気温度と放射温度を 22°C 一定とし、相対湿度を 30~70% で変化させた実験室実験を行なっている。相対湿度の条件によらず、想像温度は広く分布することを明らかにしている。さらに、相対湿度が 50% 以上の場合の想像温度は、設定温度 (22°C) よりも高くなり、他方、相対湿度が 40% 以下の場合の想像温度は、設定温度よりも低くなるとしている。斉藤ら⁹⁸⁾ は、札幌と熊本の小学生を対象とした調査結果から相関分析を行ない、想像温度と相対湿度の相関係数は、札幌で -0.57~-0.35、熊本で -0.62~-0.04 となり、負の相関があることを明らかにしている。一方で、廣谷ら^{32, 91)} は、滋賀県における中学生を対象とした夏季の調査から、想像温度と相対湿度の相関係数は -0.01 と低くなることを示している。しかし、新井ら⁹⁹⁾ の実験室実験の結果から、想像温度は相対湿度により上下することが明らかになっているため、想像温度の分析をする際には、申告時の相対湿度を計測することは重要と考えられる。

(6) 想像温度と SET* の関係

松岡ら⁶⁰⁾ は、冷房室実験において「丁度いい」と申告したときの「夏に快適と想像する温度」は SET* よりも、普段から冷房を使う人で 0.1~2.6°C 低く、通風で過ごす人は 0.3~1.5°C 高くなるが、「寒い」と申告したときは、普段から冷房を使う人で 0.2~2.2°C 低く、通風で過ごす人で 0.8~1.2°C 高くなることを明らかにしている。斉藤ら⁹⁸⁾ は、札幌と熊本における夏季の小学生を対象とした調査結果を用いて、暑熱不快申告率を目的変数、想像温度または SET* を説明変数としたロジスティック回帰分析を行い、想像温度と SET* を比較している。その結果、札幌では想像温度を用いたモデルが最も相関が高くなるが、着衣量を一定と想定した SET* を用いたモデルの相関は極めて低くなることを明らかにしている。

三坂ら^{67, 100)} は、屋外の環境改善を施した条件下での被験者実験において、想像温度が SET* と近い温度を示していることや、想像温度と SET* の間には正の相関があることを明ら

かにしている。さらに三坂ら¹⁰¹⁾は、前述と同様の被験者実験において、暑熱対策を施した条件では、SET*よりも想像温度が低くなる傾向があることを明らかにしている。

斉藤らの研究から、暑熱不快申告を評価する際には、想像温度が SET*よりも有用であることが示唆された。また三坂らの研究から、夏季では想像温度と SET*の間に正の相関があることが明らかになったが、これらの結果は、想像温度も温熱 6 要素などの影響を受けている可能性を間接的に示唆していると考えられる。SET*は温熱 6 要素から計算されるが、世界標準として構築されており、評価基準に地域差等は考慮していない。また SET*は定常条件を想定した評価指標であることに留意する必要がある。これらのことから、想像温度は温熱 6 要素だけでなく、先述の外気温度をはじめとした他の温熱要素の影響を受けていることが示唆され、さらに想像温度は非定常条件下での評価に活用できる可能性があると考えられる。

(7) その他

上述の物理量の他にも、温熱 6 要素に含まれる気流速度と着衣量のほか、WBGT や、人体エクセルギー消費速度との関係も分析されている。

気流速度との関係では、三坂ら¹⁰⁰⁾は、夏季の屋外環境における被験者実験を行ない、想像温度は気流速度が大きくなるにつれて SET*よりも高くなり、また、気流速度が小さいと SET*よりも低くなる関係性を明らかにしている。

また着衣量との関係では、Watanabe et al.⁸⁰⁾は、岐阜県の住宅において 1 年間の実測調査を行ない、着衣量を目的変数、想像温度を説明変数とした単回帰分析を行ない、想像温度による着衣量の予測を試みている。この回帰式の決定係数は小さいが、想像温度が高くなれば、着衣量が小さくなる、すなわち負の相関があることを明らかにしている。

池上ら⁷²⁾は、北海道内にある病院の病室を対象とした実測調査を行ない、想像温度は WBGT よりも 7~8°C 低く申告されることを明らかにし、これは WBGT に気流速度が反映されないためと考察している。すなわち、気流により想像温度が低下した可能性を示唆している。

宿谷ら⁸⁴⁾は、関東の大学生を対象とした夏季の被験者実験を行ない、同一の人体エクセルギー消費速度であっても、想像温度には最大 4°C の差が見られ、また人体エクセルギー消費速度が 2.5W/m²未満のとき、想像温度が高くなる傾向を明らかにしている。また、人体エクセルギー消費速度と想像温度の間には、ヒトが日々の生活の中で経験した小型グローブ温度の高低は関係が見られないことを示している。

2-3-4. 想像温度と心理量の関係

次に、想像温度と心理量の関係を明らかにする。想像温度と心理量の関係について、心理量の種類別の研究数とその割合を表2-3-9に示す。心理量の種類は物理量よりも少なく、3種類であった。その中で、快不快感が47.4%で最も多く、次いで、寒暑感が32.1%、発汗感が3.8%である。建築環境工学において、寒暑感と快不快感は温熱環境評価を行なう際に最も用いられる尺度である。また発汗感は、夏季の調査で用いられる場合がある。そのため、心理量としては、これらの3種類に着目した分析がされていると考えられる。以降では、それぞれの関係について詳細を説明する。

表 2-3-9. 心理量の種類別の研究数とその割合

心理量の種類	研究数	割合
快不快感	37	47.4%
寒暑感	25	32.1%
発汗感	3	3.8%

(1) 想像温度と快不快感の関係

想像温度と快不快感の関係を分析した研究は47.4%あり、おおよそ半数の研究で分析がされている。

想像温度と快不快感の関係の分析では、主に札幌と熊本における小学生を対象とした調査の結果を用いて、暑熱不快または寒冷不快申告に着目した研究が多い(町口ら^{66, 74~76, 110}、斉藤ら^{62, 63, 98, 103, 111~114}、Saito et al.^{86~88}、緒方ら¹¹⁵、黒田ら¹¹⁶)。町口ら^{66, 74~76, 110}、緒方ら¹¹⁵、黒田ら¹¹⁶は、空気温度が同じ場合、札幌・熊本ともに暑熱不快申告者の方が「不快でない」申告者よりも想像温度が高くなること、また空気温度が高くなるほど、想像温度が高くなる関係性を明らかにしている。一方で、東京の児童には同様の傾向は見られず、これは東京の児童が冷房空間で過ごす時間が長いことが影響していると指摘している。さらに、空気温度・想像温度ともに、札幌は熊本よりも4~5°C低いことを明らかにしている。このことは、滋賀県の中学生を対象とした廣谷ら^{32, 91, 92}や、夏季の札幌・福山・熊本の主に大学生を対象とした中谷ら³⁸の調査でも明らかにされている。

斉藤ら^{103, 111, 112, 114}は、想像温度が高くなると暑熱不快申告の割合が高くなる関係を明

第2章 想像温度に関するシステムティックレビュー

らかにしている。また札幌では、児童の想像温度が空気温度を下回る場合が過半数を占め、また暑熱不快申告をした場合の想像温度は、申告しなかった児童の想像温度よりも高い傾向があることを示している。さらに寒冷不快申告の児童の想像温度は空気温度よりも 5°C程度低くなることを明らかにしている。

さらに齊藤ら^{62, 63, 98, 103, 113)}は、ロジスティック回帰分析を用いて、暑熱不快申告率と空気温度・想像温度等の関係を明らかにしている。分析の結果、熊本では温度の上昇にともない暑熱不快申告率は徐々に高くなるが、札幌では急増することを示している。特に、札幌では想像温度が 26°C、熊本では想像温度が 30°Cを超えると、暑熱不快申告率の発生率が大きくなることを示し、暑熱不快に影響を与え始める想像温度の閾値を明らかにしている。なお東京では、冷房時の方が通風時よりも回帰曲線の勾配が緩やかであるが、これは冷房稼働により想像温度の上昇による暑熱不快申告の発生が少なくなることと考察している。また、札幌では、想像温度を用いたロジスティック回帰モデルが最も相関が高くなるが、着衣量を一定と想定した SET*を用いたロジスティック回帰モデルの相関は極めて低くなることを明らかにしている。これらのようにロジスティック回帰分析による暑熱不快または寒冷不快申告に対しては、想像温度が有用であることが明らかになっている。同様の結果は、Saito et al.^{86~88)}でも明らかにされている。なお、福家ら¹¹⁷⁾は、北海道における冬季の住宅を対象とした調査から、「快適」申告と「暖かい」申告のそれぞれの発生率を目的変数としたロジスティック回帰分析を行ない、空気温度を用いたモデルでは両方の確率は緩やかに上昇しているが、想像温度を用いたモデルでは 22~25°Cの範囲で急激に変動していることを明らかにしている。

小学生のみならず、住宅を対象にした調査も行なわれている。成田ら⁶⁵⁾は、札幌の住宅を対象に冬季の調査を行ない、快不快感のうち「快適」申告が得られるのは、想像温度が空気温度よりも高い場合が多いことを示している。このことは、成田らと同様に冬季札幌の住宅を対象に調査をしている福家ら¹¹⁷⁾でも指摘されている。福家らは、「快適」だけでなく、「不快でない」申告時の想像温度が空気温度よりも高くなることを明らかにしている。また勝野ら¹¹⁸⁾は、関東の住宅を対象に1年間の継続した調査を行ない、冷暖房を使用していないときの快不快感申告を目的変数、想像温度を説明変数とした2次回帰分析を行なっている。その結果、空気温度よりも想像温度を用いた回帰式の方が、相関係数が大きくなることを明らかにしている。

またオフィスを対象とした調査もある。中谷ら³³⁾は、夏季・冬季の札幌のオフィスを対

象にした調査を行ない、「不快でない」申告時の想像温度の幅は他より大きく、「不快」との境界は冬季で22～23℃、夏季で25～26℃であることを明らかにしている。本海ら⁸⁵⁾は、冬季の札幌のオフィスにおいて調査を行ない、「快適」申告時では「不快でない」と「選択無」に比べて、想像温度が空気温度よりも低くなる傾向を示している。

想像温度と快不快感の関係について、被験者実験による分析も行なわれている。津野ら⁶⁸⁾は、夏季に体勢や場所を変化させた場合の想像温度と快不快感の関係を整理しており、体勢や場所を変更することで、快不快感が「不快」から「不快でない」へと変化し、それに伴い想像温度が低下する傾向を示している。新井ら⁹⁵⁾は、空気温度と放射温度を22℃一定とし、相対湿度を30～70%の間で10%ずつ変化させた5条件で実験室実験を行ない、快不快感を目的変数、想像温度を説明変数とした単回帰分析を行なっているが、明確な対応関係が見られないことを指摘している。なお、新井らは実験条件毎の分析をしていないことに留意する必要がある。

中村ら^{34～37)}は、札幌・福山・熊本において主に大学生を対象とした介入実験を行ない、夏季では不快側申告時の平均想像温度が快適側より高くなること、冬季では不快側申告時の平均想像温度が快適側より低くなることを整理している。一方で、中間期である春季・秋季では明確な傾向が見られないことも示している。春季・秋季は、外気温度の変動が大きいことの影響が考えられる。

小学生や中学生といった未成年のみならず成人でも、快不快感の分析では想像温度が有用であると考えられる。また住宅・非住宅を問わず、快不快感申告別に想像温度が異なることが示されている。しかし、これらのことは統計的な検定までは行なわれておらず、快不快感申告別の想像温度に統計的な差があるのかを明らかにする必要がある。

(2) 想像温度と寒暑感の関係

快不快感に次いで、寒暑感に着目して想像温度との関係を分析している研究が32.1%ある。このうち、11の研究において、寒暑感を目的変数、想像温度を説明変数とした単回帰分析と相関分析を行なっている。明らかになっている回帰式や相関係数等を表2-3-10に示す。

表 2-3-10. 想像温度と寒暑感の関係

対象	冷暖房	地域	季節	回帰式の傾き	回帰式の切片	相関係数	決定係数	引用	備考
学校	なし	札幌市	夏	0.37	7.97	-	0.39	斉藤 ⁴²⁾	-
戸建住宅	なし	関東	夏	0.368	-5.615	0.56	-	竹林ら ⁸¹⁾	-
戸建住宅	なし	関東	夏, 秋	0.311	-3.955	0.67	-	酒井ら ⁷⁷⁾	-
戸建住宅	なし	関東	夏, 秋	0.398	-6.515	0.65	-	酒井ら ⁷⁸⁾	-
戸建住宅	なし	関東	通年	0.127	1.11	0.71	-	竹林ら ⁸²⁾	-
戸建住宅	なし	岐阜県	通年	0.153	1.673	0.50	-	永田ら ⁷⁹⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏	0.266	-3.008	0.42	-	竹林ら ⁸¹⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏, 秋	0.311	-4.427	0.52	-	酒井ら ⁷⁷⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	夏, 秋	0.323	-5.010	0.50	-	酒井ら ⁷⁸⁾	-
戸建住宅	冷房	関東	通年	0.162	-0.077	0.41	-	竹林ら ⁸²⁾	-
戸建住宅	冷房	岐阜県	通年	0.115	2.473	0.05	-	永田ら ⁷⁹⁾	-
戸建住宅	暖房	関東	通年	0.132	0.975	0.67	-	竹林ら ⁸²⁾	-
戸建住宅	暖房	岐阜県	通年	0.103	2.382	0.25	-	永田ら ⁷⁹⁾	-
オフィス	なし	関東	夏	0.302	-3.13	0.53	-	新井ら ⁹⁶⁾	-
オフィス	なし	関東	通年	0.106	1.528	0.45	-	朝田ら ⁸³⁾	-
オフィス	冷房	関東	夏	0.158	0.144	0.31	-	新井ら ⁹⁶⁾	-
オフィス	冷房	関東	通年	0.104	1.646	0.32	-	朝田ら ⁸³⁾	-
オフィス	暖房	関東	通年	0.069	2.209	0.28	-	朝田ら ⁸³⁾	-
実験室	なし	札幌市	秋	0.05	-1.33	-	0.39	斉藤ら ¹²⁵⁾	普段20℃で過ごす群
実験室	なし	札幌市	秋	0.1	-2.68	-	0.073	斉藤ら ¹²⁵⁾	普段27℃で過ごす群
実験室	-	関東	冬	0.051	2.2	-	0.02	新井ら ⁹⁹⁾	空気・放射温度を22℃一定。相対湿度30~70%の間で10%ずつ変化させた条件で実施。新井ら(2019)と同じ結果
実験室	-	関東	冬	0.029	2.7	-	0.02	新井ら ⁹⁹⁾	空気・放射温度を22℃一定。相対湿度30~70%の間で10%ずつ変化させた条件で実施。新井ら(2019)と同じ結果

第2章 想像温度に関するシステマティックレビュー

空気温度の場合と同様に、調査対象により分類した。分類によらず、すべての研究で、想像温度と寒暑感には正の相関がみられる。また尾身ら¹⁰⁶⁾は、札幌における住宅を対象とした調査を行ない、寒暑感を目的変数とした重回帰分析を行なっている。その結果、説明変数として想像温度が有意になることを明らかにしている。なお、寒暑感は5件法や7件法により申告させている研究もあるため、単回帰分析を行なう妥当性については検討を要すると考えられる。

秋成ら¹¹⁹⁾は、夏季の札幌と熊本における小学生を対象とした調査から、想像温度の1°C級数毎の暑熱不快感申告を集計し、札幌で28°C、熊本で33°C以下の想像温度になれば、暑熱不快感申告が発現しない可能性を示唆している。中谷ら³³⁾は、札幌のオフィスを対象とした調査を行ない、寒暑感が寒い側から暑い側になるにつれて、空気温度・想像温度ともに上がることを示している。

他方、原ら^{105,120)}は、夏季の札幌と熊本における大学生を対象とした被験者実験を行ない、想像温度と寒暑感には正の相関があることを明らかにしている。また冷房室では、時間経過とともに想像温度が低下し、それと同時に寒暑感も寒い側へと変化することを示している。また佐々木ら¹²¹⁾は、冬季の暖房過程を想定した非定常温熱環境下における被験者実験を行ない、着衣の変更にとともなう熱環境の変化に対して、快不快感はその影響をすぐには受けず、むしろ寒暑感と想像温度が敏感に反応していることを示している。中村ら^{34~37)}は、札幌・福山・熊本において主に大学生を対象とした介入実験を行ない、夏季・冬季ともに、寒暑感の暑い側申告時の想像温度が、寒い側申告時よりも高くなることを整理している。一方で、快不快感と同様に、中間期である春季・秋季では明確な傾向が見られないことも示している。

相関分析と回帰分析の結果から、想像温度と寒暑感には正の相関があることが明らかになり、すなわち、想像温度が上昇することで、寒暑感が暑い側の申告になる関係があることが明らかになった。また被験者実験において、想像温度と寒暑感は、それぞれが敏感に反応していることも示されている。さらに介入実験においても、寒暑感の暑い側申告時の想像温度が寒い側申告時よりも高くなることが示されている。これらのことから、想像温度と寒暑感には明確な関係性を有することが明らかになった。

(3) 想像温度と発汗感の関係

想像温度と発汗感に関する分析を行なっている研究は3.8%ある。廣谷ら^{32, 91)}は、夏季の滋賀県における中学生を対象とした調査を行ない、想像温度が高くなるほど発汗感申告率は高くなり、不快感の「不快でない」申告が低下すること、また、想像温度が28°C以上となると発汗感申告率が30%を超える傾向を明らかにしている。すなわち、想像温度と発汗感申告には正の相関があると考えられる。田中ら⁶⁹⁾は、夏季の東京・高知・沖縄における共同住宅を対象とした調査を行ない、空気温度と想像温度で乖離が大きい場合には、発汗状況が影響している可能性を指摘している。

発汗はヒトの生理反応であり、実際の住宅を対象とした実測調査では定量的に計測することが困難と考えられる。その対応として発汗感を取得することがあるが、発汗感が発汗の状況にある程度客観的に確認することができる指標と考えられる。そのため、想像温度と発汗感に関する研究はまだ少ないが、さらなる検討を行なうことで、想像温度とヒトの生理反応との関係も整理できる可能性が考えられる。

2-3-5. 想像温度と環境調整行動・地域差等の関係

これまで、想像温度と物理量・心理量の間関係をレビューしてきた。しかし、物理量・心理量以外の項目に着目した分析が行われているため、それらの研究をレビューする。想像温度とその他項目との関係について、種類別の研究数とその割合を表2-3-11に示す。

表 2-3-11. 種類別の研究数とその割合

種類	研究数	割合
地域差	20	25.6%
住みこなし	9	11.5%
環境調整行動	4	5.1%
季節差	3	3.8%
男女差	2	2.6%
知的生産性	1	1.3%

(1) 想像温度の地域差に関する分析

物理量・心理量以外では、地域差に関する分析が 25.6%で最も多い。これらの研究は、先述の快不快感や寒暑感等の研究と重複している場合が多い。

町口ら^{74~76)}は、夏季の札幌と熊本における小学生を対象とした調査を行ない、不快申告が出現する温度は、空気温度・想像温度の違いによらず 3~4°C程度熊本の方が高くなり、地域差があることを明らかにしている。同様に斉藤ら^{103,111)}は、札幌で暑熱不快申告をしたヒトの平均想像温度は、申告をしなかったヒトよりも高い傾向があり、特に空気温度が 30°C前後では両者に約 5°Cの差があることを示している。また熊本では、空気温度が 30°C以上となる場合には暑熱不快申告の有無によらず、平均想像温度に違いはないことを示し、地域による差異を示している。斉藤ら^{62, 63, 98, 103, 111~114)}、Saito et al.^{86~88)}は、主に夏季の札幌・熊本における小学生を対象とした調査を行ない、ロジスティック回帰分析を用いて想像温度と暑熱不快感申告率との関係を整理している。その結果、申告率 60%となるときの想像温度は、熊本が 36°C、札幌が 28°Cであり、札幌の方が熊本よりも 5~6°C低くなることを示し、地域により暑熱不快申告が発現する想像温度の閾値に違いがあることを明らかにしている。同様の地域差に関する結果は、上記斉藤らのほか、夏季の札幌と熊本における小学生を対象として調査を行なった緒方ら¹¹⁵⁾、黒田ら¹¹⁶⁾、夏季の大学生を対象として被験者実験を行なった原ら^{105, 107, 120)}でも見られた。さらに斉藤ら⁴⁷⁾は、夏季の札幌・熊本における小学生を対象とした調査結果から、共分散構造分析を行ない、札幌では当日の暑熱不快感が、熊本では児童の記憶経験温度が想像温度の決定に寄与することを示し、想像温度に影響を与える要因にも地域差があることを指摘している。

他方、田中ら⁶⁹⁾は、夏季の東京・高知・沖縄における共同住宅を対象とした調査を行ない、高知と沖縄では、空気温度よりも想像温度の方が低く回答されることを示し、想像温度は地域特性の影響を受けることを指摘している。

これらの研究から、想像温度と心理量の関係には地域差があると考えられる。建築環境工学における温熱環境評価は、温熱 6 要素から計算される PMV や SET* が用いられるが、これらの指標は地域差を考慮しておらず、全世界のヒトを同一に評価している。しかし、例えば暑熱不快申告が発現する閾値には札幌と熊本で違いがあるように、地域差を考慮した温熱環境の評価を行なう際には、想像温度は有用と考えられる。

(2) 想像温度と住みこなしの関係

本研究の主題でもある想像温度と住みこなしの関係については、近年、研究発表がいくつも行なわれている。中村ら^{34~37)}、中谷ら³⁸⁾、伊澤ら³⁹⁾、斉藤ら⁴⁰⁾は、札幌・福山・熊本における主に大学生を対象とした季節毎の介入実験を行ない、住みこなしの実現に向けて、ヒトが曝されている温熱環境を想像できる力（温度想像力）が重要とし、想像温度の分析を行っている。なお介入実験では、任意の時に想像温度を申告してもらい、さらにその時の空気温度を確認することを依頼している。これらの研究では、温度想像力が養成したか否かの評価のために想像温度と空気温度の差に着目している。その結果、実験開始からの通算の申告回数が増えるほど、想像温度と空気温度の差が小さくなる傾向があることを明らかにしている。つまり、想像温度の申告と、そのときの空気温度の確認作業により、温度想像力が養成され、すなわち学習効果があると考えられる。この傾向は、札幌や東京、熊本における小学生を対象とした鈴木ら¹²²⁾や谷川ら¹²³⁾でも同様に示されている。なお、想像温度を申告しない期間が空いて季節が変わると、想像温度と空気温度の差が再び現れ、想像温度の申告に「自信がない」とすることが多くなることも指摘している。

他方、中谷ら³³⁾は、札幌のオフィスを対象とした調査を行ない、室内空気温度は冬季1回目と2回目ではほとんど差はないが、想像温度の幅は冬季1回目よりも2回目の方が小さくなり、想像温度の養成がされたことを示している。これに伴い、寒暑感、想像温度の申告から、冬季・夏季の室内気候を経験して「住みこなし」が表れたことを考察している。

これらのように、「住みこなし」の評価に対しては想像温度に着目することが有用と考えられる。また、想像温度は「住みこなし」の実現に必要とされている温度想像力の評価に用いることができることが示唆されている。しかし、さらに詳細な評価を行なうためには、想像温度と物理量・心理量等との関係を整理する必要がある。併せて、ヒトに「住みこなし」を実践させるためのきっかけとなる想像温度を明らかにすることが必要と考えられる。なお、繰り返し想像温度の申告と空気温度の確認を行なわなければ、想像温度と空気温度の差が大きくなることから、どの程度一連の確認を行なう必要があるのかを明らかにすることが今後求められる。

(3) 想像温度と環境調整行動の関係

環境調整行動とは、第1章で述べたとおり、窓開閉や冷房発停、着衣の調整といった温熱環境の変更を行なう行動のことであり、住まい方の1つである。想像温度が提案された研究⁴²⁾においても、想像温度と環境調整行動の關係に着目している。具体的には、札幌における大学教員を対象とした調査を行ない、外気温度とともに空気温度や室内の表面温度を想像し、さらにそれらの温度を測ることによって可視化された環境情報を体得することは、自らの環境調整行動の段階的な更新を促すきっかけとなることを指摘している。これは、先述と同様に、「住みこなし」の評価に想像温度が有用であることを示唆していると考えられる。また斉藤ら¹¹⁴⁾は、夏季の東京・熊本における小学生を対象とした調査から、水飲みと汗拭きという身体の水分収支に関わる環境調整行動別に、給食後の想像温度を説明変数、帰宅前の想像温度を目的変数とした単回帰分析を行なっている。その結果、熊本では、帰宅前までに水飲み・汗拭きを行なった児童の想像温度が給食後の想像温度よりも下がることを明らかにしている。なお東京では顕著な違いが見られなかったことを示している。これと同様に谷川ら¹²³⁾は、夏季の札幌と熊本における小学生を対象とした調査を行ない、環境調整行動毎の想像温度を集計している。その結果、熊本では、想像温度が29~33°Cの範囲に環境調整行動が集中し、特に「水やお茶を飲む」、「汗を拭く」といった身体の水分収支に関わる環境調整行動を選択していることを整理している。また札幌では、想像温度に関係なく多様な環境調整行動を選択している実態を把握している。また廣谷ら³²⁾は、滋賀県における中学生を対象とした夏季の調査を行ない、環境調整行動のうち、特に暑熱緩和行動の数が増えること、想像温度が高くなることを示している。

環境調整行動は、その行動を積み重ねることで「住みこなし」につながり、そのため重要な行動といえる。想像温度がある温度になった際に窓の開閉を行なう、といった想像温度による環境調整行動の誘発、その繰り返しによる「住みこなし」の実現につながる可能性が考えられる。このことについては、さらなる分析が必要と考えられる。

(4) その他

上述のほか、想像温度と季節差や男女差、知的生産性に関する分析を行なっている研究がある。伊澤ら^{39,71)}は、福山における大学生を対象とした春夏秋冬の各時期で介入実験を行ない、冬季・春季ともに、全被験者で実際の空気温度よりも想像温度を比較的強く申告する傾向を示している。一方で、別に実施した夏季・秋季・冬季の実験では、想像温度が空気温度よりも高く申告する傾向を示しているが、これは空気温度よりもグローブ温度が高かったことが影響していると考察している。また本田ら¹⁰⁴⁾は、岐阜県における住宅を対象とした1年間の調査を行ない、各月の平均空気温度と平均想像温度は冬季ではほとんど差がないが、夏季では想像温度の方がやや低くなることを示している。なお、中村ら^{34~37)}でも季節別の寒暑感・快不快感申告毎の想像温度を集計しているが、季節差までは言及していないため、本研究では季節差の分析対象から除外している。

新井ら^{95,99)}は、空気温度と放射温度を22°C一定とし、相対湿度を30~70%の間で10%ずつ変化させた5条件で実験室実験を行ない、湿度の条件により男女の想像温度には差が生じることを示している。

秋成ら¹¹⁹⁾は、夏季の札幌と熊本における小学生を対象とした調査において、児童に百マス計算を行なってもらい、その得点比と想像温度の関係を分析している。その結果、熊本では想像温度が高いほど得点比は下降する傾向があるが、札幌では両者に相関はみられず、想像温度が高くても得点比は変化しないことを整理している。

これらのように、想像温度は物理量・心理量だけでなく、地域・季節・男女の差や「住みこなし」、環境調整行動、知的生産性などの様々な項目と関係があることが明らかになった。

このほかにも、想像温度により被験者実験の効果を確認している研究¹²⁴⁾や光環境との関係の解明を試みた研究¹²⁵⁾、オフィスで想像温度の申告をしてもらっているのみの研究¹²⁶⁾もあった。

2-3-5. システマティックレビューのまとめ

これまで、想像温度と物理量・心理量・その他項目との関係をレビューしてきた。得られた結果を次ページ表2-3-12にまとめる。

表 2-3-12. システムティックレビューのまとめ

種類	関係	課題
空気温度	想像温度と正の相関がある。	—
外気温度	想像温度と正の相関がある。また潜在因子を経由して影響する。	—
小型グローブ温度・MRT	想像温度と正の相関がある。	—
放射エクセルギー	想像温度と正の相関がある。	—
相対湿度	相対湿度の条件によって想像温度に差が生じる。	—
物理量 SET*	正の相関がある。暑熱不快申告を評価する際には、想像温度の方が有用である。	—
気流速度	気流速度に応じて変動する。	—
着衣量	負の相関がある。	—
WBGT	想像温度は WBGT よりも低く申告される。	—
人体エクセルギー消費速度	夏季には、人体エクセルギー消費速度が $2.5\text{W}/\text{m}^2$ 未満のとき、想像温度が高くなる傾向がある。	—
心理量 快不快感	回答者属性や住宅・非住宅を問わず、快不快感申告別に想像温度が異なることが示されている。	「不快でない」という尺度が用いられているが、「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」という状態があることを統計的な検定により明らかにする必要がある。
寒暑感	想像温度と正の相関がある。	寒暑感申告別の想像温度に違いがあるのかを明らかにする必要がある。
発汗感	想像温度と正の相関がある。	発汗感申告別の想像温度に違いがあるのか、統計的な検定を行なう必要がある。

(次ページに続く)

(表 2-3-12 の続き)

種類	関係	課題
地域差	寒暑感または快不快感申告別の想像温度には地域差がある。	主に札幌と熊本における地域差が分析されているが、同一の気候区内においても地域差があるのか明らかにする必要がある。
住みこなし	想像温度を用いることで、「住みこなし」が表れ始めたことを考察できる。また想像温度は「住みこなし」の実現に必要とされている温度想像力の評価に用いられる。	「住みこなし」の評価を行なうためには、想像温度と物理量・心理量等とのさらなる分析が必要。併せて、ヒトに「住みこなし」を実践させるためのきっかけとなる想像温度を明らかにすることが必要。
その他 環境調整行動	環境調整行動を複数行なうときの想像温度は、行なわないときよりも高くなる。	—
季節差	冬季・春季ともに、空気温度よりも想像温度を比較的低く申告する傾向がある。	—
男女差	湿度条件が異なることで、男女の想像温度には差が生じる。	—
知的生産性	熊本では想像温度が高いほど得点比は下降する傾向がある。	—

第2章 想像温度に関するシステムティックレビュー

想像温度に関するシステムティックレビューの結果、物理量に関しては十分な研究がなされてきたと考えられる。特に、温熱 6 要素から計算される SET*や温熱 6 要素に外気温湿度を加えた 8 要素から計算される人体エクセルギー消費速度など、人体熱収支に基づく指標と想像温度にも関係があることが明らかにされていた。

一方で、温熱 6 要素以外の熱伝達のうち熱伝導に関する研究は行なわれていないことが明らかになった。例えば冬季の「住みこなし」の 1 つとして、床暖房の適切な使用も考えられるため、想像温度と熱伝導に関する分析は必要と考えられる。

心理量に関しては、統計的検定を行ない、各心理量の申告別の想像温度に有意な差があるのかを確認する必要があることが明らかになった。例えば、快不快感に関する研究の中には「不快でない」が用いられている場合があったが、第 1 章でも述べたとおり、建築環境工学では「不快でない」という概念は「快適」と同義とされている。そのため、「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」という状態があることを統計的検定により明らかにする必要がある。また、寒暑感の予測として統計的な分析は行なわれているが、寒暑感申告別の想像温度に違いがあるのか、統計的な検定を行なう必要がある。これは、発汗感でも同様と考えられる。

他方、物理量・心理量以外の項目についても十分な研究があるが、地域差は、主に札幌と熊本を対象に分析されているが、同一気候区内においても地域差があるのかを確認する必要があると考えられる。

また、本研究の主題である「住みこなし」の評価を行なうためには、想像温度そのもののさらなる分析が必要と考えられる。具体的には、本研究では「住みこなし」を、ヒトが「不快でない」状態を認知し、それに向けて自らが環境を調整することと定義している。そのため、前述のとおり「不快でない」状態が存在することを明らかにしたうえで、「不快でない」の評価に想像温度が有用であることを示す必要があると考えられる。

2-4. 第2章のまとめ

本研究では、斉藤⁴²⁾により提案された比較的新しい概念である想像温度に着目し、検索語として「想像温度」「申告温度」「cognitive temperature」の3つを用いて、Google Scholar、CiNii Research、J-STAGE、一般社団法人日本建築学会アーカイブの4か所で検索を行ない、対象となる78の研究を抽出し、システマティックレビューを行なった。得られた結果を以下に示す。

- 1) 想像温度は、提案された2009年以降、毎年、関連する研究発表が行われていた。最近では発表件数が増加傾向にあり、特に近年、毎年査読論文も発表されていた。
- 2) 想像温度の定義は研究により異なっていた。定義を大別すると、①「認知情報」であることを示すもの、②「室温」の予想をさせるもの、③「体感温度」であることを示すもの、④その他、の4つに分類できた。これらの結果をふまえ、本研究では想像温度を「想像温度は、曝されている温熱環境に対するヒトの認知情報であり、「今、何℃であるか?」という簡単な質問に対してヒトが回答する心理的な温度である。」と定義した。
- 3) 想像温度は、物理量・心理量に加えて、地域差・「住みこなし」・環境調整行動といった項目についても評価が可能なが明らかになった。
- 4) 温熱6要素のうち、特に建築環境工学で一般に用いられる空気温湿度、小型グローブ温度、気流速度、着衣量と想像温度の関係が明らかにされていた。また、温熱6要素から計算されるSET*や温熱6要素に外気温湿度を加えた8要素から計算される人体エクセルギー消費速度など、人体熱収支に基づく指標と想像温度にも関係があることがわかった。しかし、熱伝達のうち熱伝導に関する研究は行なわれていないことが明らかになった。
- 5) 心理量に関しては、快不快感・寒暑感・発汗感といった、建築環境工学で一般的な心理量と想像温度の関係は整理されていた。しかし、快不快感において、「不快でない」という尺度が用いられていたが、建築環境工学においては「不快でない」という概念は「快適」と同義とされている。そのため、「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」という状態があることを統計的検定により明らかにする必要がある。また寒暑感の予測として統計的な分析は行なわれているが、寒暑感申告別の想像温度に違いがあるのか、統計的検定を行なう必要がある。これは発汗感申告でも同様である。

- 6) 物理量・心理量以外の項目について、地域差は、主に札幌と熊本との差の分析が行われているが、快不快感・寒暑感の発現の仕方や環境調整行動に地域差があるのかを明らかにする必要があると考えられる。また、本研究の主題でもある「住みこなし」の評価を行なうためには、想像温度と物理量・心理量等との関係性について、さらに分析を行ない、想像温度の特徴や有用性を整理する必要があると考えられる。併せて、ヒトに「住みこなし」を実践させるためのきっかけとなる想像温度を明らかにすることが必要と考えられる。特に本研究では、「住みこなし」のためには「不快でない」という状態が重要と考えている。そのため、「不快でない」状態が存在すること、またそれが想像温度により評価ができることを明らかにする必要があることが示唆された。

第3章

冬季の被験者実験による 「不快でない」状態の存在に関する検証

3-1. はじめに

本研究における「住みこなし」は、ヒトが「不快でない」状態を認知し、自ら環境調整行動を行なうことで「不快でない」状態を作り上げる一連のプロセスと考えた。しかし、第1章でも述べたとおり、「不快でない」は、建築環境工学では「快適」と同義とされている。そのため本章では、図1-1-3の仮説に示すとおり、「不快」・「不快でない」・「快適」が別の概念であることを被験者実験により明らかにすることを目的とする。さらに想像温度と快不快感の関係について統計的検定により明らかにし、「不快でない」の評価に想像温度が有用であることを示す。なお、快不快感の変化の仕方を詳細に把握するため、被験者実験は非定常条件で行なった。

非定常条件下におけるヒトの熱的な快不快感や寒暑感に関する先行研究は、Kuno et al.⁴⁹⁾、徐ら¹²⁷⁾、坊垣ら^{128, 129)}によるものがある。Kunoらは、寒暑涼暖という言葉の違いから非定常熱環境下での温冷感を表現できる二次元温冷感モデルを提案している。徐らは、暑熱不快環境から変動風のあるやや暑い環境に移動した際の心理反応を上述の二次元温冷感モデルにより表現している。坊垣らは、夏季の冷房時と冬季の暖房時において、空調を一時的に停止させて自然室温の変化を与える制御条件による被験者実験を行ない、一般的な空調制御方法と比較して快適性を損なわないことを明らかにしている。いずれの研究も、熱的快適性は「非常に快適」と「非常に不快」が対置する7段階尺度を用いており、「不快でない」領域に着目したものはない。

3-2. 研究方法

3-2-1. 実験の概要

本研究では、放射暖房室（以下、PH室とする）と対流暖房室（以下、AC室とする）の2室で被験者実験を実施した。これは、熱環境が変化する状況下で暖房方式の違いが「不快」から「不快でない」を経て「快適」へと快不快感が変化するプロセスにどのような影響を与えるのかを定量的に明らかにするためである。

PH室では2017年1月30日～2月9日の間の平日6日間、AC室では2017年1月31日～2月15日の間の平日6日間、11:00～11:30と16:30～17:00の1日に2回、札幌市立大学芸術の森キャンパス（札幌市南区）の1室（PH室、次ページ図3-2-1、図3-2-2）と、また別の1室（AC室、次々ページ図3-2-3、図3-2-4）を使用した。

PH室は1991年築のRC造で東面に窓ガラス（普通複層ガラス（FL3+A6+FL3）+金属製熱遮断サッシ、U値： $4.07\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ）がある。

AC室は2010年築のRC造で東面と西面に窓（低放射複層ガラス（Low-E 5+A12+FL5）+金属製熱遮断サッシ、U値： $2.91\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ）がある。

PH室の暖房は中央暖房方式で実験開始時に流量を最大とした。AC室は設定温度の上限であった24℃設定、風量は最大とし、実験開始時に運転を開始した。

第3章 冬季の被験者実験による「不快でない」状態の存在に関する検証

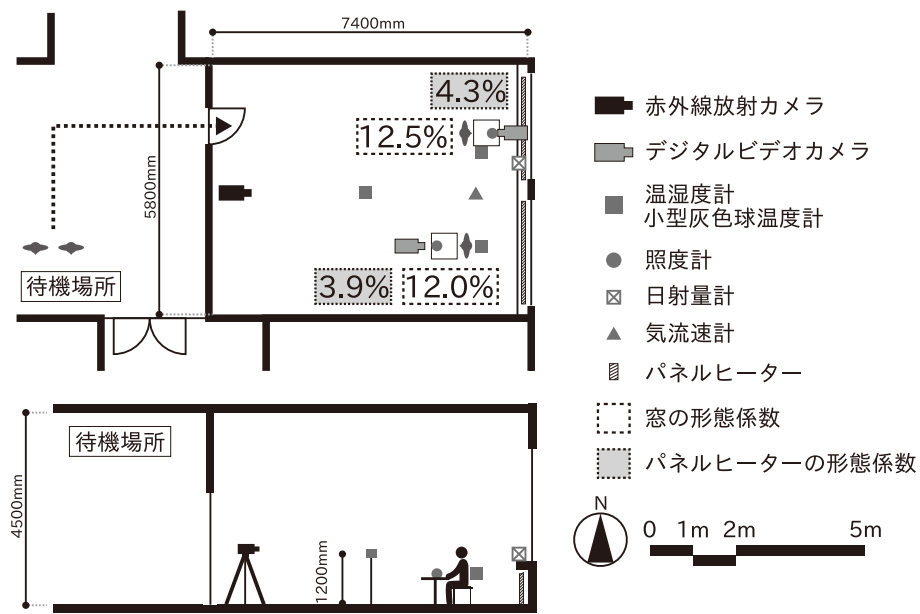


図 3-2-1. 放射暖房室 (PH 室) の概要



図 3-2-2. 放射暖房室 (PH 室) の写真 (撮影日: 2017 年 1 月 30 日)

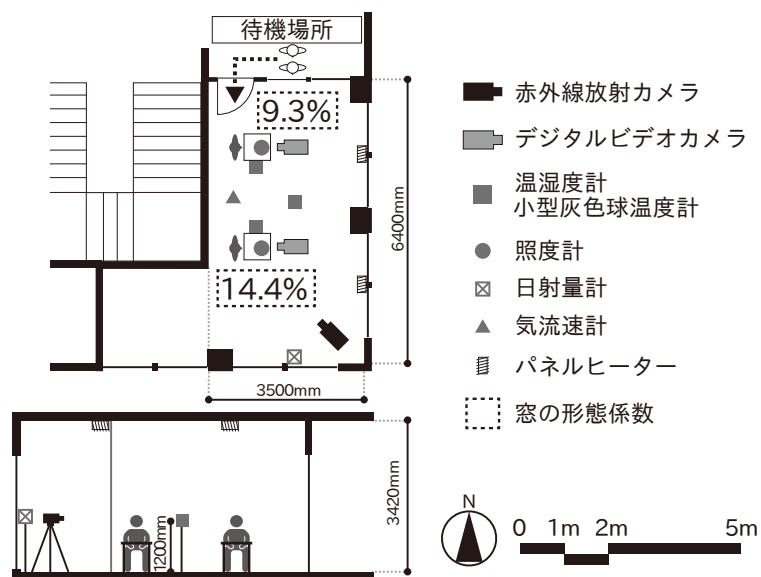


図 3-2-3. 対流暖房室 (AC 室) の概要



図 3-2-4. 対流暖房室 (AC 室) の写真 (撮影日 : 2017 年 2 月 14 日)

第3章 冬季の被験者実験による「不快でない」状態の存在に関する検証

被験者は18～23歳で、PH室では男女13人（男8、女5）、AC室では男女15人（男6、女9）で、1度の実験で同時に2人ずつ行なった。着衣量は自由として、それぞれの平均着衣量は、PH室が1.2clo、AC室が1.4cloであり、AC室の方がPH室よりやや高かった。着席場所ごとの窓の形態係数は、PH室でそれぞれ12.5%、12.0%、AC室でそれぞれ9.3%、14.4%であった。なおPH室では、同時に実験した被験者で体の向きが異なるが、空気温度・MRTの中央値の差がそれぞれ0.1℃、0.5℃、また心理量の中央値の差は、想像温度が1.0℃（有意差なし）、快・不快感が0、寒暑感が0であったため、被験者の向きにより明確な差がないと考えられるため、被験者の向きによらず分析を行なった。

表3-2-1に実験の流れを示す。実験は、室中央の小型灰色球温度¹³⁰⁾が15℃のときに暖房運転を始め、心理量の申告を開始した。小型灰色球は銅製黒色球に比べ熱容量が小さく、熱応答が早いと考えられるため¹³⁰⁾、非定常熱環境下における被験者実験を行なう本研究では小型灰色球を採用した。

実験中は、外気温湿度、室内の空気温湿度、小型灰色球温度、気流速度、机上面照度、窓面日射量、パネルヒーターの表面温度（PH室）、エアコンの吹き出し温度（AC室）をT型熱電対で、人体から椅子（座面）への熱流を熱流計により5秒間隔で計測した。また、室内周壁の各表面温度は赤外線放射カメラを用いて5分間隔で撮影した。なお、本実験の被験者は全員大学生で、実験開始前に20～25℃程度の学内の控室で30分以上、安静状態で滞在していた。そのため、実験開始前の被験者の生理・心理状態は概ね同様とした。

表 3-2-1. 実験の流れ

時間（分）	0	5	10	15	20	25	30
設定条件	▲ - 実験開始と同時に、暖房の運転を開始する。 - 実験開始時は室中央の小型灰色球温度計を15℃とする。						
赤外線放射カメラ	●	●	●	●	●	●	●
心理量の申告	心理量に変化が生じた都度回答						

3-3. 実験の結果

3-3-1. 両室の空気温度・MRT・外気温度

図 3-3-1 は、PH 室と AC 室の外気温度である。PH 室の実験期間中の外気温は $-8.0\sim-1.0^{\circ}\text{C}$ で AC 室の $-3.0\sim 0.0^{\circ}\text{C}$ より低かった。また、実験の 30 分間のうち、外気温度はほとんど変化しなかった。

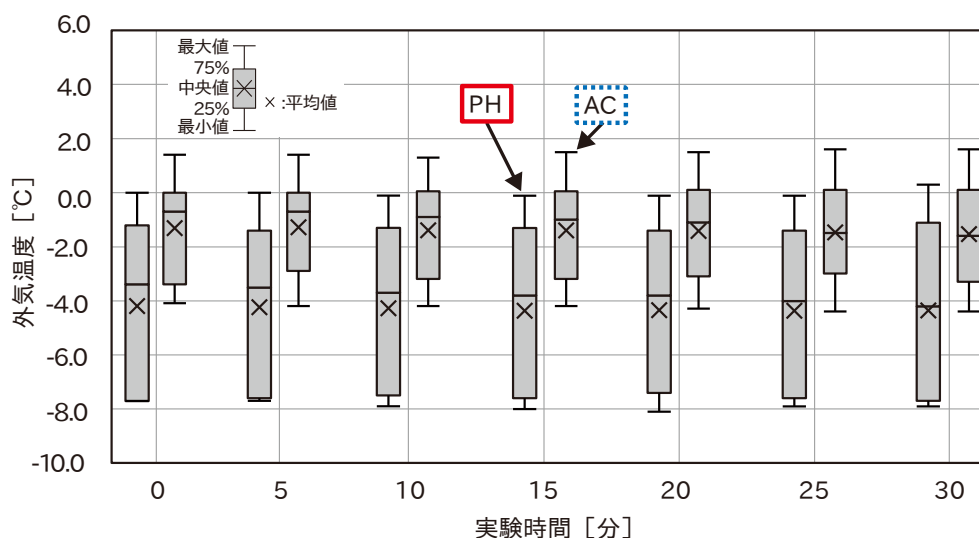


図 3-3-1. PH 室と AC 室の実験時の外気温度

次ページの図 3-3-2 と図 3-3-3 は、両室における 5 分毎の空気温度と MRT である。両室とも実験開始時の空気温度と MRT はそれぞれ最低で、実験終了時に最高に達した。実験中の両室の平均室温は $17\sim 18^{\circ}\text{C}$ で概ね同じだった。ただし、MRT と空気温度の最高温度は、PH 室が AC 室より $3.0\sim 4.0\text{K}$ 高く、両室の温熱環境には差があった。AC 室の空気温度と MRT は、実験開始直後に上昇し、実験開始 12 分頃までは PH 室よりも最大で 0.5K 高い。実験開始 12 分以降、PH 室の空気温度と MRT は AC 室よりも高くなり、実験終了時 (30 分) にはそれぞれ約 2.0K の差がある。放射・対流の暖房方式の違いが、空気温度と MRT の上昇速度に影響を与えたと考えられる。

なお、相対湿度は PH 室で $15\sim 26\%$ 、AC 室で $21\sim 33\%$ であった。

第3章 冬季の被験者実験による「不快でない」状態の存在に関する検証

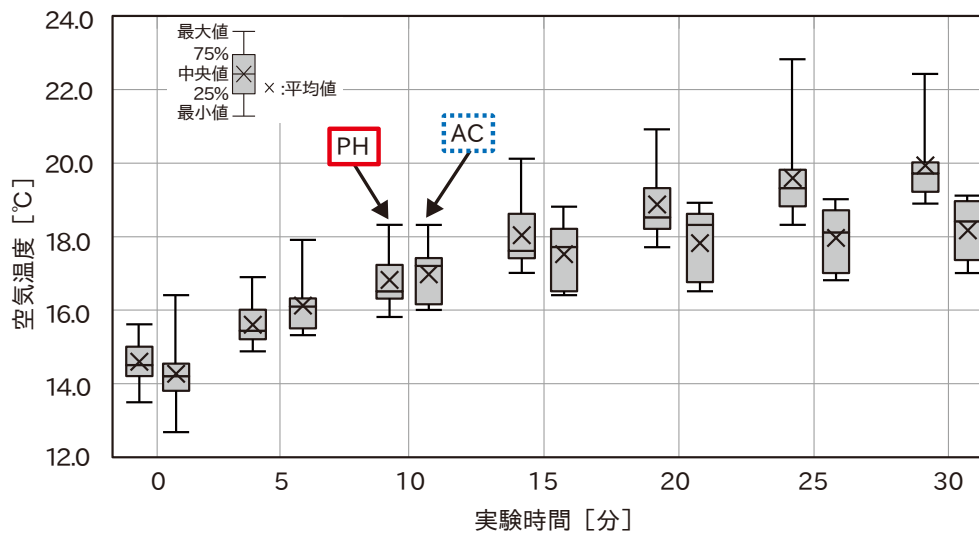


図 3-3-2. PH 室と AC 室の実験時の空気温度

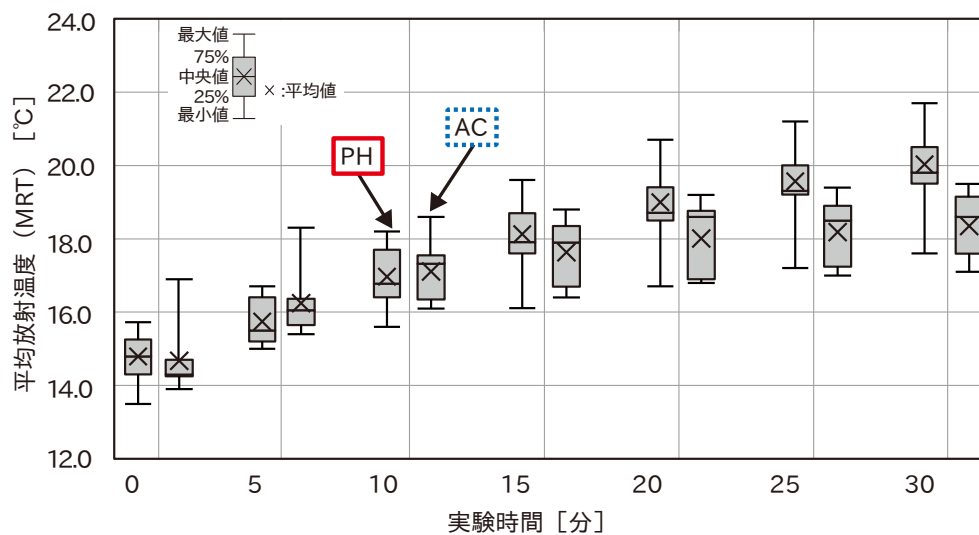


図 3-3-3. PH 室と AC 室の実験時の平均放射温度 (MRT)

表 3-3-1 は、両室の実験開始時および終了時の PMV と SET*の平均である。これは、実験開始時と実験終了時における空気温度、MRT、相対湿度、気流速度、各被験者の着衣量、代謝量から被験者毎の PMV と SET*を計算し、それぞれ平均をとったものである。実験開始時の PMV はそれぞれ-2.2、-1.6 で、SET*の平均は 18.7°Cと 20.6°Cだった。また実験終了時では、PMV の平均は両室とも-0.9 で、SET*の平均は PH 室 23.3°C、AC 室 23.5°Cになった。

表 3-3-1. 両室の実験開始時および終了時の PMV と SET*の平均

	PMV		SET*	
	PH	AC	PH	AC
実験開始時	-2.2	-1.6	18.7	20.6
実験終了時	-0.9	-0.9	23.3	23.5

3-3-2. 両室の寒暑感・快不快感・想像温度の申告

次ページ図 3-3-4 は、両室の 5 分毎の寒暑感申告である。実験開始時は両室ともに寒冷側の申告であるが、その後の申告は暑熱側に向かう。寒暑感申告の平均は、実験開始後 20 分頃までは、AC 室の方が PH 室よりも暑熱側に申告しており、それ以降は両室の申告差は小さくなる。実験開始 20 分以降の両室の申告は中立位置 (0) からやや暑熱側になっている。これは、図 3-3-2 と図 3-3-3 で示したように両室とも空気温度と MRT が上昇していたためと考えられる。

図 3-3-5 は、両室の全被験者の快不快感の申告 (平均) である。快不快感は、図 3-3-4 の寒暑感申告とは異なり連続データではなく、3 値からなる離散データであるが、参考のため平均値を比較した。なお、「不快」を 0、「不快でない」を 1、「快適」を 2 として平均値を算出した。AC 室では、実験開始 5 分で「不快でない」から「快適」側に変化するが、PH 室では実験開始から 10 分かかる。実験開始から 10 分間は AC 室が PH 室よりも「不快でない」から「快適」側の申告が得られている。実験開始後 10 分以降は、両室とも「不快でない」から「快適」側に推移しており、両室の快不快感の申告の傾向に大きな差はない。

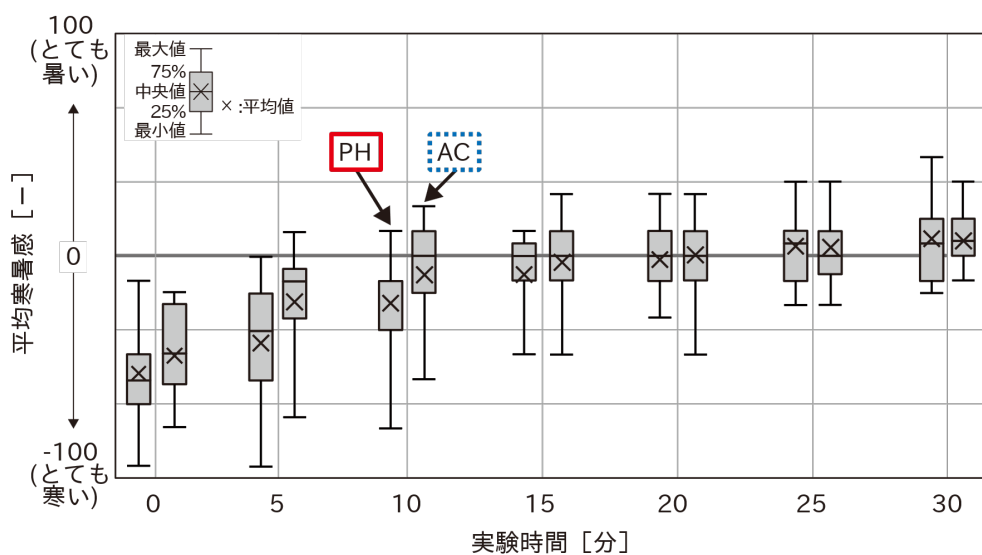


図 3-3-4. 両室の 5 分毎の平均寒暑感申告

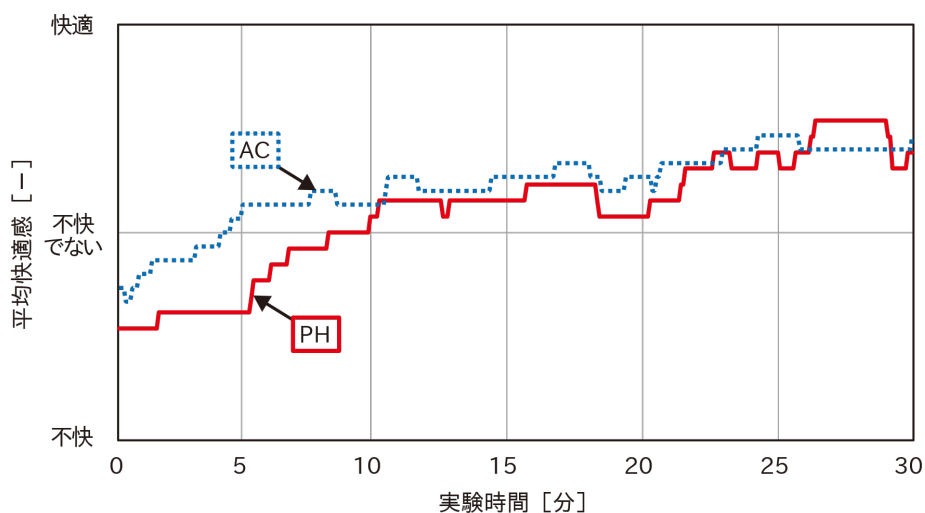


図 3-3-5. 両室の 5 分毎の平均快不快感申告

次ページ図 3-3-6 は、両室の 5 分毎の平均想像温度申告である。想像温度の平均は、実験開始後 20 分までは AC 室の想像温度が PH 室よりも高く、最大で 2.5°C の差がある。実験開始後 20 分以降は、PH 室の想像温度が AC 室よりも 0.3~0.5°C 高い。これは、PH 室の空気温度と MRT が AC 室よりも高いためと考えられる。なお、PH 室と AC 室の空気温度や MRT の差は実験終了時の平均でそれぞれ約 1.7K、約 1.6K であるが、想像温度の差は 0.8°C であり、空気温度や MRT よりも差が小さい。これは、冬季の 18~20°C 程度の室内においては、ヒトの想像温度に大きな差がないことを示唆している。

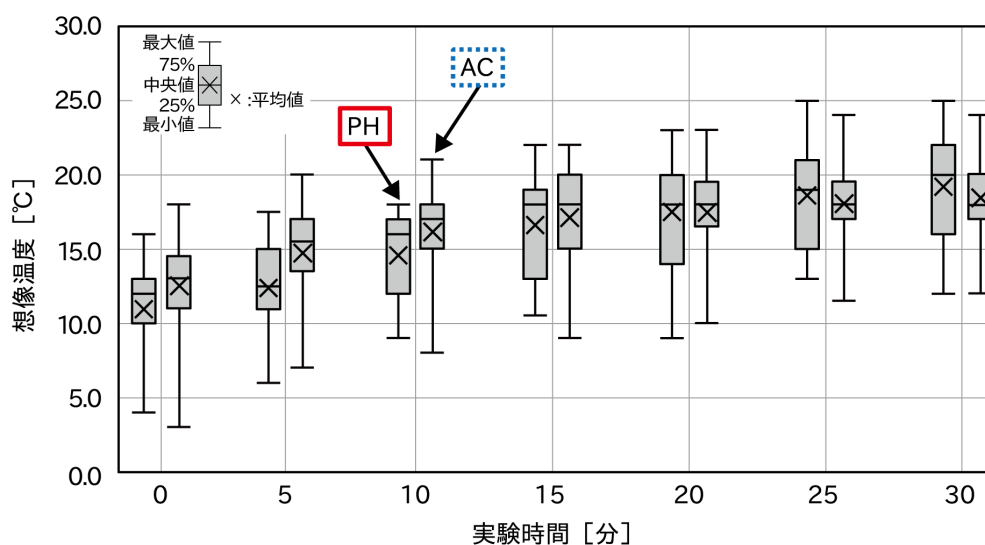


図 3-3-6. 両室の 5 分毎の平均想像温度

次ページ図 3-3-7 は、両室の時間別の快不快感である。ここで、両室の経過時間別（0～10 分、10～20 分、20～30 分）の快不快感申告について、有意水準 p を 0.05 と定めた χ^2 検定および残差分析を行なった。その結果、時間別の快不快感には有意差が認められた。

AC 室の「不快」申告は、実験開始 0～10 分で 17.6%、10～20 分で 6.7% となり、20～30 分ではほとんど「不快」申告がなくなっている。これは、AC 室のエアコンによる暖房運転の立ち上がりの速さの影響と考えられる。

次に「不快でない」申告は、PH 室の方が AC 室に比べて全時間帯で申告が少ない。PH 室では、0～10 分の「不快でない」申告が 52.3% で最も多く、10 分以降は 42.4%、45.2% となり、その割合に大きな変化はない。一方の AC 室は、全時間帯において「不快でない」申告が 60% 以上を占めている。これは、「不快」申告が減少し、「快適」申告が増加したためである。

最後に「快適」申告は、0～10 分では PH 室が 12.1% なのに対し、AC 室は 19.8% で有意に多い。しかし、10～20 分、20～30 分での PH 室では、それぞれ 36.7%、46.2% で、AC 室の 31.7%、39.2% よりも有意に多い。これは、図 3-3-6 の分析と同様に、PH 室の空気温度と MRT が AC 室よりも高いためと考えられる。実験では、両室の空気温度と MRT の上昇の仕方が異なったため、これが快不快感申告に影響を与えたと考えられる。

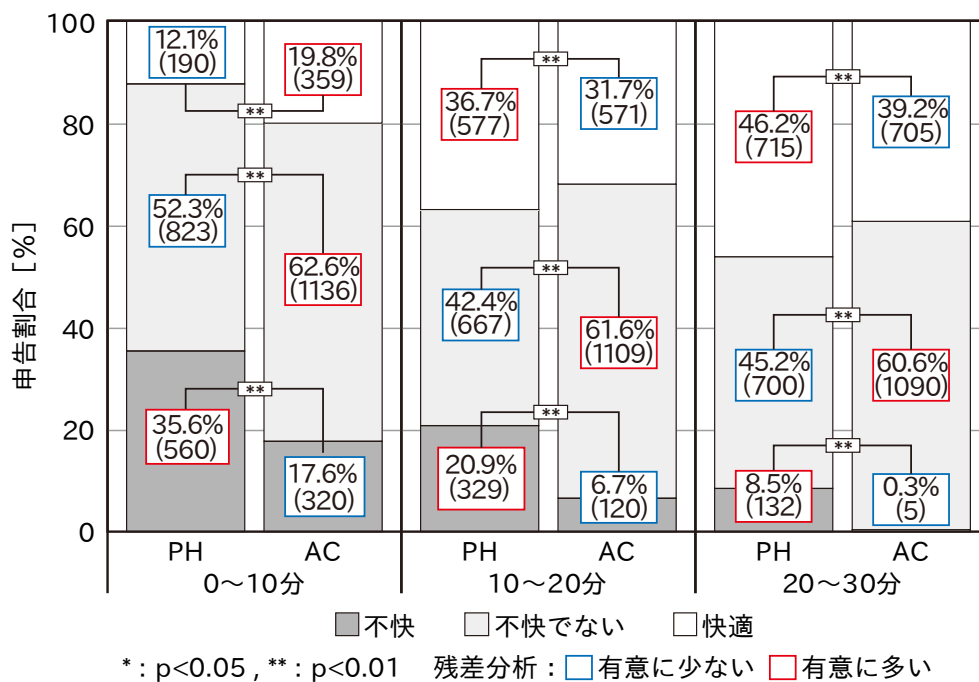


図 3-3-7. 両室の時間別の快不快感申告

3-3-3. 両室の想像温度と快不快感の関係

次ページ図 3-3-8、図 3-3-9 は、PH 室と AC 室の快不快感申告別の想像温度について、多重比較検定を行なった結果である。正規性の検定を行なった結果、快不快感別の想像温度に正規性は認められなかったため、有意水準 p を 0.05 と定めて Kruskal-Wallis 検定を行ない、有意水準が $p < 0.01$ となったことを確認した。その後、Steel-Dwass 法による多重比較検定を行なった。

両室の「不快」と「不快でない」、「快適」と「不快」、「不快でない」と「快適」のいずれの場合でも有意水準が $p < 0.01$ となり、快不快感別の想像温度の中央値に有意差が認められた。このことから、快不快感が「不快」から「不快でない」また「快適」へと変化するのに伴い、想像温度は高くなることが明らかになった。既往の夏季を対象にした研究でも同様のことが示されており³²⁾、冬季を対象にした本実験でも同様のことが確認できた。想像温度は、快不快感申告の経時変化とともに申告を得ることによって、「不快でない」状態になる温熱環境を定量的に示すことができる概念と考えられる。

また、図 3-3-8、図 3-3-9 の分析結果から、ヒトの快不快感には、従来までに定義されてきた「快適」と「不快」とは有意に異なる「不快でない」状態が別に存在することが明らかになった。

なお、想像温度の最大値と最小値の差は、「不快」、「不快でない」、「快適」のそれぞれについて、PH 室では 14°C、16°C、16°C で、AC 室では 15°C、19°C、14°C となった。すなわち、両室ともに快不快感申告別の想像温度は広く分布していた。

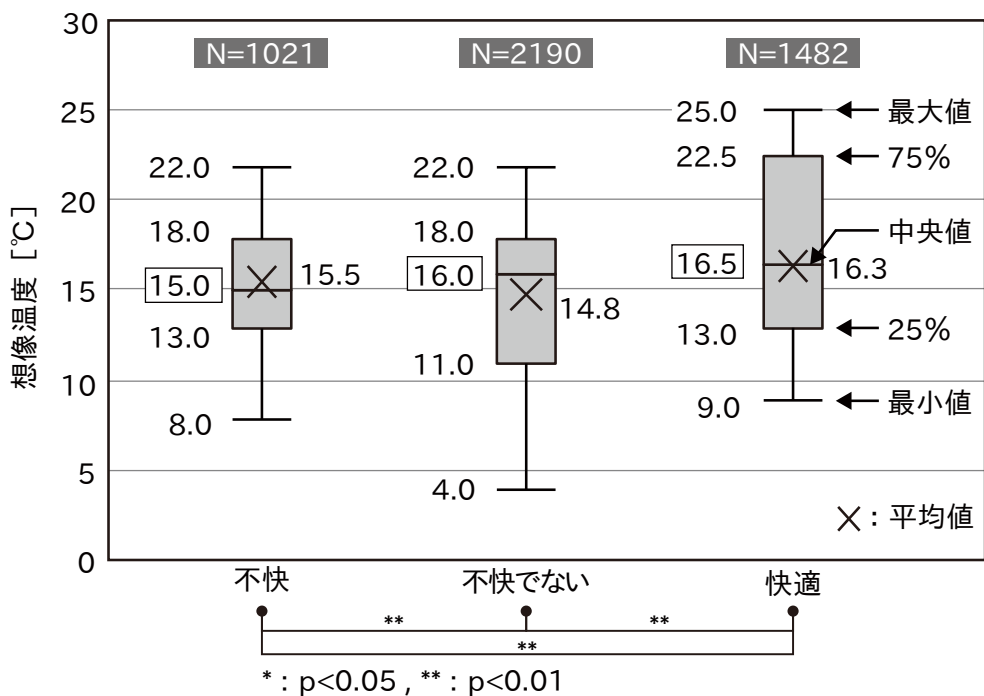


図 3-3-8. PH 室の快不快感申告別の想像温度

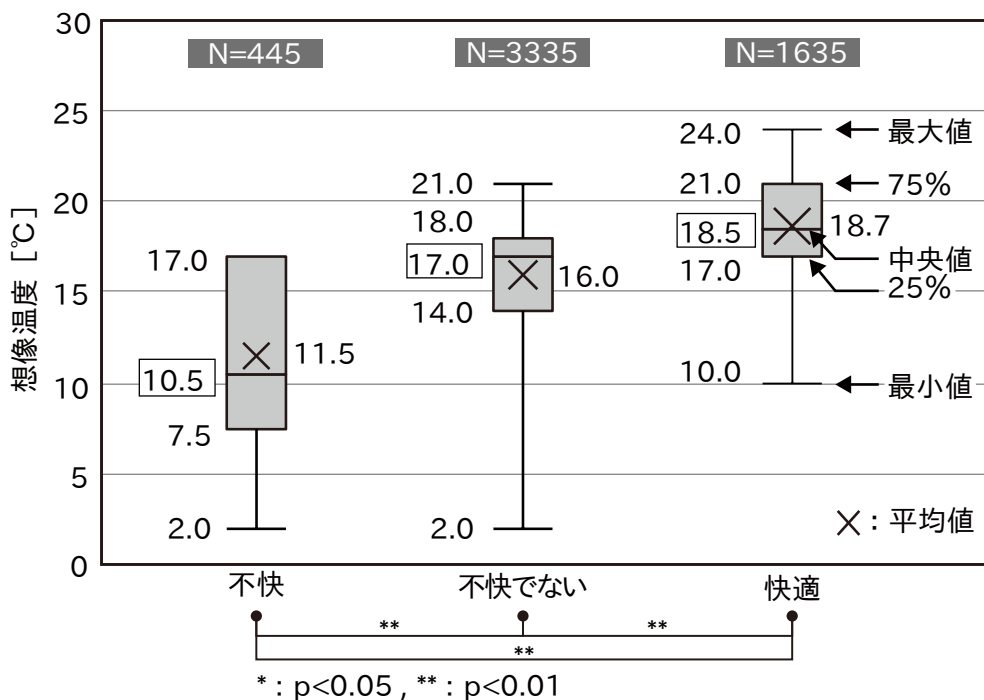


図 3-3-9. AC 室の快不快感申告別の想像温度

第3章 冬季の被験者実験による「不快でない」状態の存在に関する検証

表 3-3-2 は、PH 室と AC 室の「不快」、「不快でない」、「快適」申告別の想像温度、空気温度および MRT の中央値について、有意水準 p を 0.05 と定めた Mann Whitney の U 検定を行なった結果である。いずれの場合でも有意水準が $p < 0.01$ となり、実験室、快不快感別の各値に有意差が認められた。「不快」申告時は、PH 室の方が AC 室に比べて、想像温度、空気温度、MRT のそれぞれの中央値が高い。一方、「不快でない」申告時は、空気温度と MRT については PH 室の方が AC 室よりも高いが、想像温度は AC 室の方が PH 室よりも高い。また「快適」申告時は、MRT は PH 室の方が AC 室よりも高いが、想像温度と空気温度は AC 室の方が PH 室よりも高い。以上から、PH 室の方が AC 室に比べて低い想像温度で「不快でない」または「快適」と感じていることが明らかになった。

なお本研究は非定常条件で被験者実験を行なっているため、SET*等で示される冬季に「快適」とされる条件とは異なることに留意する必要がある。

表 3-3-2. 両室の快不快感申告別の想像温度・空気温度・MRT の中央値

	想像温度		空気温度		MRT	
	PH	AC	PH	AC	PH	AC
不快	15.0	10.5	17.1	15.8	17.5	15.9
不快でない	16.0	17.0	18.0	17.3	17.4	17.3
快適	16.5	18.5	18.0	18.2	18.5	18.2

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

図 3-3-8、図 3-3-9 で示されたとおり、暖房方式によらず「不快でない」申告時の想像温度は広く分布している。これは、想像温度の申告経験がない被験者による影響があると考えられる。中村ら^{55~57, 96)}をはじめとした最近の研究では、想像温度の申告とその時の空気温度の確認作業を繰り返すことで、想像温度と空気温度の差が小さくなることが指摘されている。すなわち、ヒトは学習により想像温度を空気温度に近づけることができると考えられる。本研究では、想像温度の申告経験がない被験者により実験を行なったことで、広い分布が得られたと考えられる。なお、想像温度はまだ新しい概念であるため、我が国をはじめ世界的に想像温度の申告経験がないヒトが多いと考えられる。そのため本研究で得られた結果は、想像温度の申告経験がないヒトであっても、快不快感申告別の想像温度には統計的な違いがあることを示すことができたと考えられる。

他方、近年、不快な環境変化に対して、人は自ら快適性を回復しようとする原則に基づい

で熱的な快不快感を捉えた熱環境適応という概念が注目されている^{32, 131)}。この熱環境適応は、生理的適応・心理的適応・行動的適応から成るとされている^{131, 132)}。中野ら¹³¹⁾や廣谷ら³²⁾は、これら3段階の適応がフィードバックループにより、最終的に熱的な快を得る過程として熱環境適応を整理している。この熱環境適応の原則に基づくと、ヒトは、自らが曝されている現在の熱環境が「不快」であればそれをできるだけ緩和・解消するように、「不快でない」状態に向かう動きがあると捉えることができる。そのため、「不快でない」状態は熱環境適応できたのかの判断または評価に活用できる可能性が考えられる。

3-3-4. 両室の想像温度と寒暑感の関係

次ページ図3-3-10、図3-3-11は、PH室とAC室で得られた寒暑感別の想像温度分布で、上述と同じ方法で多重比較検定を行なった結果である。なお、多重比較検定の前に、有意水準 p を0.05と定めたKruskal-Wallis検定を行ない、有意水準が $p<0.01$ となったことを確認した。ここで寒暑感申告について、申告値が0未満の場合を「寒冷」、0の場合を「中立」、0を超えた場合を「暑熱」として3群に分けた。多重比較検定の結果、両室ともに、「寒冷」と「中立」、「中立」と「暑熱」、「寒冷」と「暑熱」のいずれの場合でも有意水準が $p<0.01$ となり、寒暑感別の想像温度の中央値に有意差が認められた。このことから、空気温度とMRTの上昇に伴い、寒暑感が「寒冷」から「中立」、さらに「中立」から「暑熱」へと変化することで想像温度が高くなる関係性を確認できた。なお、同じ「暑熱」申告であっても想像温度の最大値と最小値の差は、PH室で 14°C 、AC室で 14.5°C であり、両室とも快不快感と同様に、寒暑感申告別の想像温度は広く分布していた。

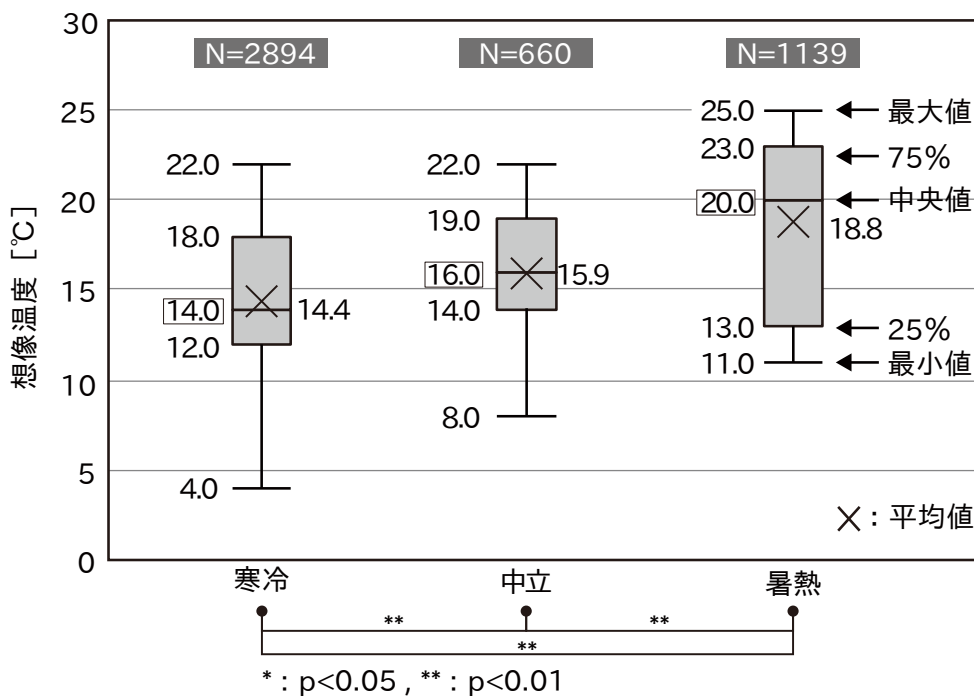


図 3-3-10. PH 室の寒暑感申告別の想像温度

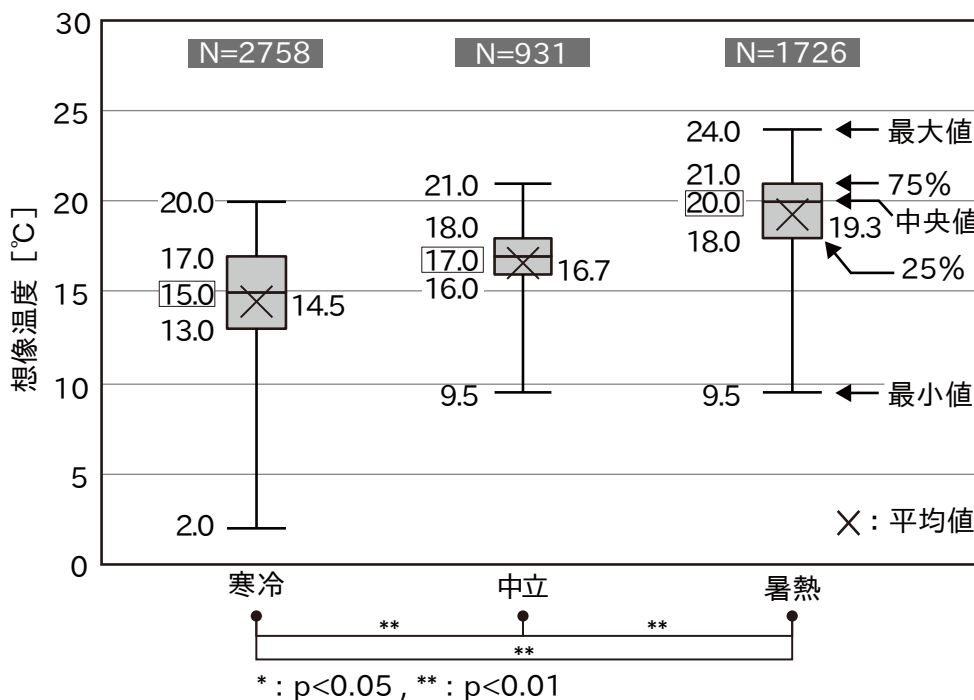


図 3-3-11. AC 室の寒暑感申告別の想像温度

3-3-5. 快不快感と「想像温度と空気温度の差」の関係

第2章でも説明したとおり、想像温度は「今、何°Cだと思うか」という問いにより認知・言語化する概念と考えられる。このとき、質問された被験者は、普段から目にする温度計等の空気温度の情報に基づいて、それを概ね意識して回答する可能性が考えられる⁶⁰⁾。同様に第2章では、想像温度と空気温度の差（以下、 $(T_{cog}-T_a)$ ）に着目し、その関係性を確認することは有用と考えられることを明らかにした。また既往研究では、温度想像力の評価に $(T_{cog}-T_a)$ を用いている。これは、想像温度の申告とその時の空気温度の確認により $(T_{cog}-T_a)$ が小さくなり、温度想像力が養成される関係性を分析しているものである。本章では、快不快感別の $(T_{cog}-T_a)$ を把握することで、ヒトが曝されている温熱環境をどのように捉えているのかを考察することができると考えた。そこで、 $(T_{cog}-T_a)$ に着目し、まず快不快感との関係を明らかにする。

次ページ図 3-3-12 と図 3-3-13 は、PH 室と AC 室のそれぞれにおける快不快感別の $(T_{cog}-T_a)$ について、優位水準 p を 0.05 と定めて実施した Steel-Dwass 法による多重比較検定の結果である。なお、多重比較検定を行なう前に、優位水準 p を 0.05 と定めて実施した Kruskal-Wallis 検定を行ない、有意水準が $p<0.01$ となったことを確認した。多重比較検定の結果、いずれの場合においても有意水準が $p<0.01$ となり、快不快感別の $(T_{cog}-T_a)$ の中央値に有意差が認められた。

AC 室の $(T_{cog}-T_a)$ の中央値は、快適感が「不快」から「不快でない」へと変化するのに伴って -6.1°C から -0.3°C と 5.8°C 小さくなる。また「快適」申告時では、 $(T_{cog}-T_a)$ が 1.3°C で、想像温度は空気温度よりも高く想像されている。一方 PH 室の $(T_{cog}-T_a)$ は、「不快」の方が「不快でない」よりも 0.4°C 大きい。これは、PH 室では、空気温度が高くなる実験後半においても「不快」申告が一定数あることや、実験開始直後から「不快でない」申告がある影響と考えられる。一方、「快適」申告時の $(T_{cog}-T_a)$ は -0.1°C であり、想像温度は空気温度とほとんど同じ温度を申告していた。また両室ともに、各申告時の $(T_{cog}-T_a)$ の幅は広く、ばらつきがあるものの、曝されている温熱環境を想像温度により評価できていると考えられる。

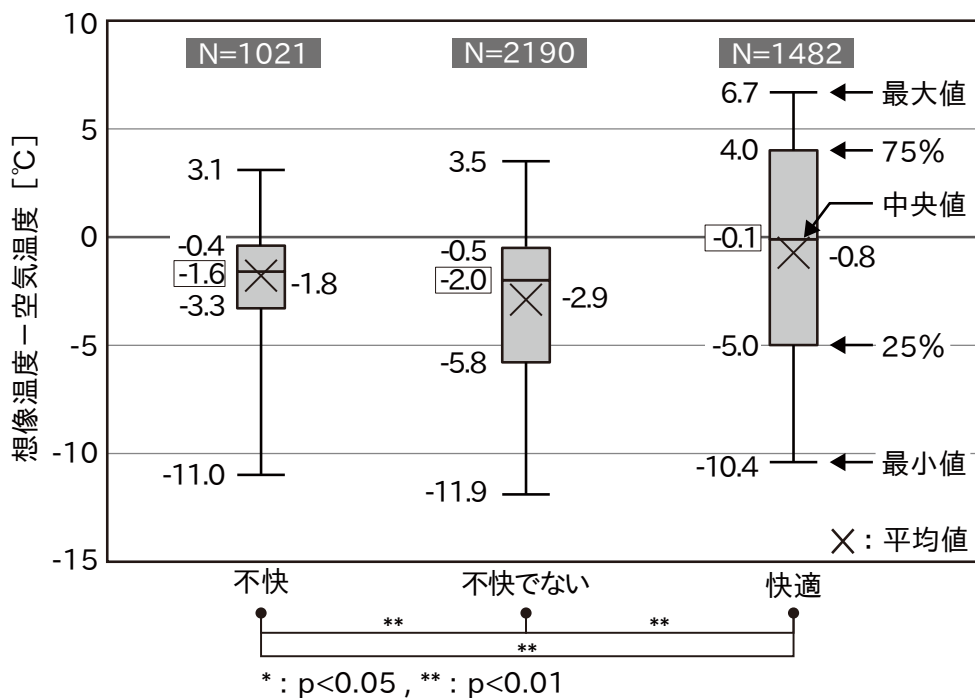


図 3-3-12. PH室の快不快感申告別の想像温度と空気温度の差

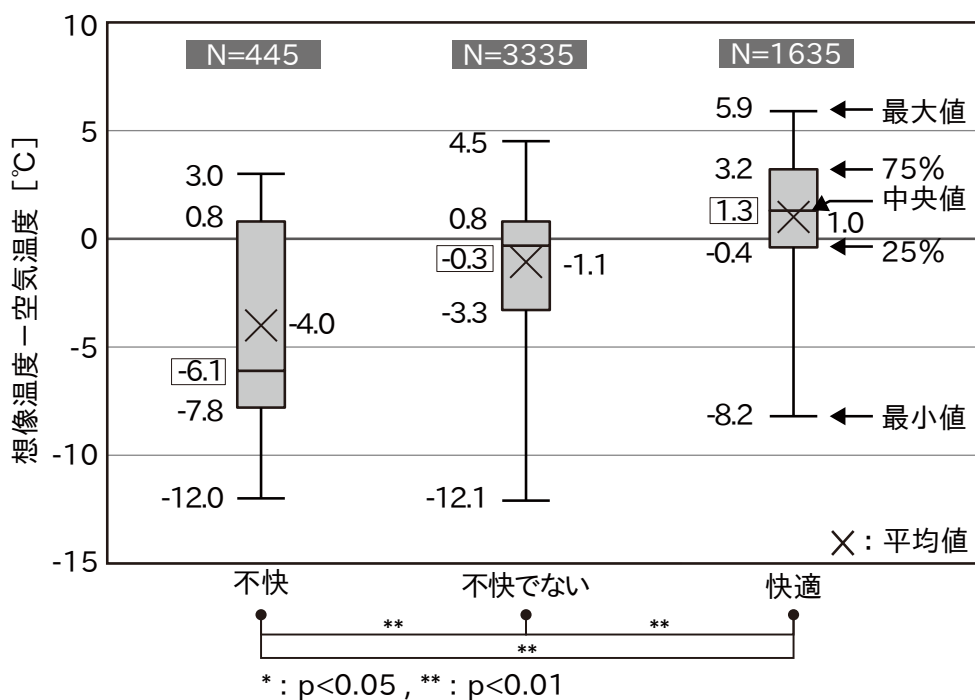


図 3-3-13. AC室の快不快感申告別の想像温度と空気温度の差

3-3-6. 寒暑感と「想像温度と空気温度の差」の関係

次ページ図 3-3-14 と図 3-3-15 は、PH 室と AC 室のそれぞれにおける寒暑感別の ($T_{cog} - T_a$) について、優位水準 p を 0.05 と定めて実施した Steel-Dwass 法による多重比較検定の結果である。なお、多重比較検定を行なう前に、優位水準 p を 0.05 と定めて実施した Kruskal-Wallis 検定を行ない、有意水準が $p < 0.01$ となったことを確認した。多重比較検定の結果、いずれの場合においても有意水準が $p < 0.01$ となり、寒暑感別の ($T_{cog} - T_a$) の中央値に有意差が認められた。

PH 室では、寒暑感が「寒冷」から「中立」、「中立」から「暑熱」へと回答が変化するにつれて ($T_{cog} - T_a$) の中央値はそれぞれ、 -2.7°C 、 -1.5°C 、 0.9°C と変化する。すなわち「暑熱」申告時には、想像温度が空気温度よりも高く想像されていることが明らかになった。

また、AC 室では、寒暑感が「寒冷」から「中立」、「中立」から「暑熱」へと回答が変化するにつれて ($T_{cog} - T_a$) の中央値はそれぞれ、 -0.8°C 、 -0.3°C 、 2.0°C と変化する。変化の仕方は PH 室と同様であったが、「暑熱」申告時には想像温度が空気温度よりも 2°C も高く想像され、PH 室よりも 1°C 以上高い傾向があった。

両室ともに、($T_{cog} - T_a$) の中央値は、「暑熱」申告時に正になり、すなわち想像温度が空気温度より高くなる。一方で、「寒冷」と「中立」申告時には、両室ともに、($T_{cog} - T_a$) の中央値は負であり、想像温度が空気温度よりも低くなる。このことから、冬季においてヒトに温かさを認知させるためには、想像温度を空気温度よりも高く想像させることが必要であることが示唆された。このことは、札幌・福山・熊本における大学生を対象とした介入実験を行なった中村ら^{34~37)}でも明らかにされており、既往の研究とも相違ない結果が得られた。

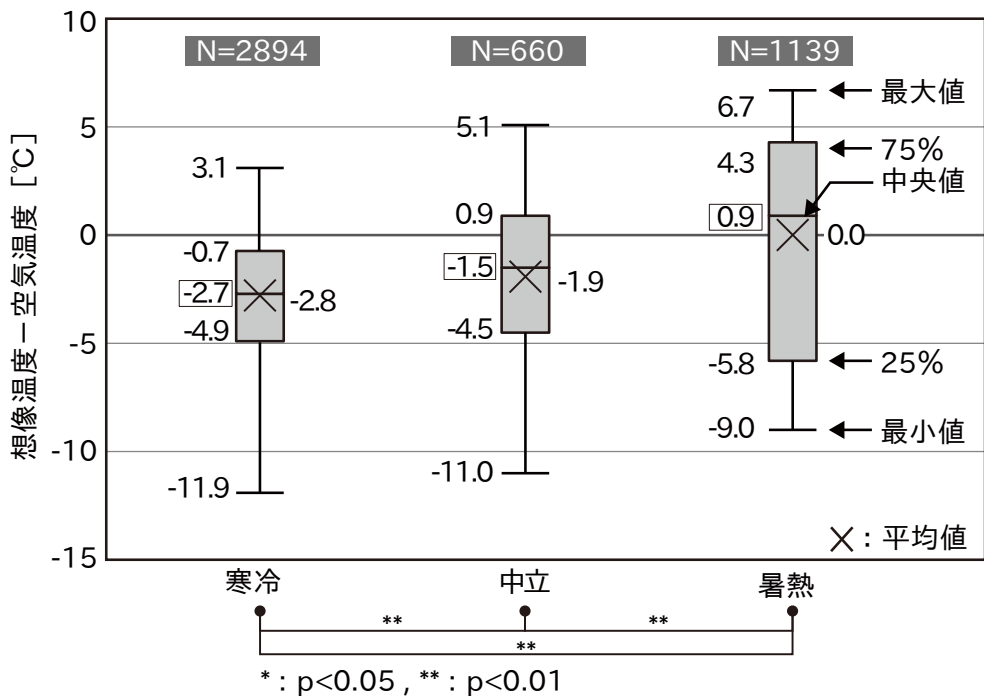


図 3-3-14. PH 室の寒暑感申告別の想像温度と空気温度の差

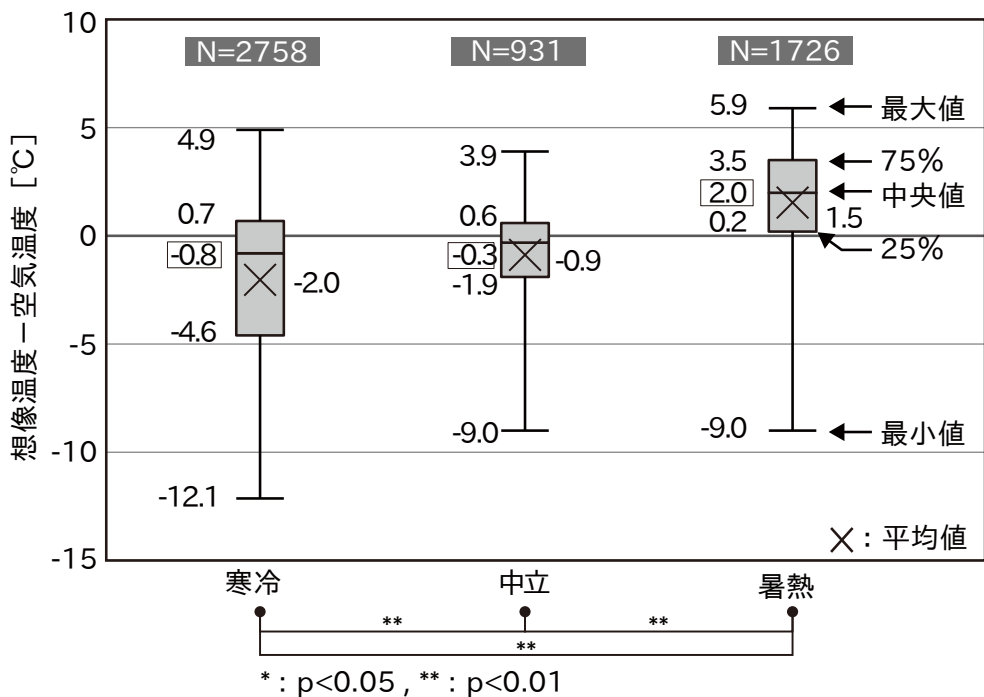


図 3-3-15. AC 室の寒暑感申告別の想像温度と空気温度の差

3-4. 第3章のまとめ

本研究において「住みこなし」は、ヒトが自ら「不快でない」状態を作り出して住まうことで実現が図られると考えた。そのため本章では、図 1-1-3 の仮説に示すとおり、「不快」・「不快でない」・「快適」が別の概念であることを被験者実験により明らかにし、さらに想像温度と快不快感の関係について統計的検定により明らかにした。得られた結果を以下に示す。

- 1) 想像温度は、実験開始後 20 分まで AC 室の方が PH 室よりも高かった。一方、実験開始後 20 分以降は、PH 室が AC 室よりも 0.3~0.5°C 高かった。これは、両室の空気温度と MRT の上昇の仕方が異なり、それが想像温度の差に表れたと考えられる。寒暑感と快適感でも同様の差があった。
- 2) AC 室の「不快でない」申告は、全時間帯において 60% 以上を占め、PH 室よりも有意に多かった。一方、PH 室の「快適」申告は、実験開始後 10 分以降では AC 室よりも有意に多く、空気温度と MRT の上昇の仕方が異なる影響が見られた。
- 3) 想像温度は、寒暑感が寒冷から中立を経て暑熱へと変化するにつれて有意に高くなることが明らかになった。
- 4) 想像温度は、快適感申告が「不快」から「不快でない」さらに「快適」へと変化するにつれて有意に高くなることが明らかになった。すなわち、ヒトの熱的な快不快感には、「不快」と「快適」に加えて、「不快でない」の領域があることを統計的検定により確認できた。さらにこのことから、「不快でない」の評価には想像温度が活用できることが明らかになった。
- 5) 両室の快不快感申告毎の想像温度は、「不快でない」と「快適」申告時では、PH 室の想像温度が AC 室よりも有意に低くなった。また「快適」の申告時では、想像温度と空気温度の差は 0 以上で、想像温度が空気温度よりも高くなる傾向があった。
- 6) 快不快感申告別の想像温度は、PH 室、AC 室ともに広い分布を示した。これは、本研究の被験者が想像温度の申告経験のないヒトだったことが影響していると考えられる。なお、想像温度はまだ新しい概念であるため、我が国をはじめ世界的に想像温度の申告経験がないヒトが多いと考えられる。そのため本研究で得られた結果は、想像温度の申告経験がないヒトであっても、快不快感申告別の想像温度には統計的な違いがあることを示すことができたと考えられる。

第4章

冬季の被験者実験による 想像温度と熱伝導の関係の把握

4-1. はじめに

4-1-1. 本章の背景と目的

「住みこなし」は、窓開閉やエアコン発停といった自発的な環境調整行動の継続により実現できると考えられる。この自発的な環境調整行動には上述の窓開閉等以外にも様々な方法があるが、その1つに冬季の床暖房やホットカーペットといった熱伝導の調整がある。わが国では、住宅で靴を脱ぐことや、室内で床座のライフスタイルをとることが一般的である。他方、近年、住宅で靴を脱がないライフスタイルの国においても、室内の衛生環境を保つため、住宅で靴を脱ぐことが推奨され始めている^{例えば 133, 134}。これらのことから、熱伝導に着目した「住みこなし」を検討するためにも、想像温度と熱伝導の関係を整理する必要があると考えられる。しかし、建築環境工学では熱的な快不快感の評価指標として、先述の PMV や SET* といった国際標準の指標が一般的に用いられているが、これら指標の計算条件には熱伝導はない。また、第2章で実施したレビューから、想像温度と熱伝導の関係はまだ分析されていないことが明らかになった。そこで本章では、想像温度と熱伝導の関係について、特に足裏を局所的に温めた場合に想像温度や快不快感に与える影響を明らかにすることを目的とする。なお、想像温度と熱伝導の関係を明らかにすることができれば、想像温度と物理量の関係はほぼ網羅できると考えられる。

4-1-2. 既往の研究

第2章の結果から、想像温度と熱伝導の関係は明らかにされていない。他方、足裏への加熱と熱的な快不快感に関する研究は、室ら¹³⁵、松本ら^{136~138})によるものがある。室らは、上体部・脚部の空気温度と、床面温度が異なる環境条件において被験者実験を行ない、上体部よりも脚部・床面温度が高い場合、各温度が均一の条件よりも寒暑感が高くなることを明らかにしている。松本らは、足裏へ局所加熱を行なった際の快不快感申告は、非加熱時に比べて心地良い側で評価されることを明らかにしている。また足裏への局所加熱は、室温が15°C、18°Cの場合には全身温冷感に及ぼす影響は小さいが、室温が22°C、26°C、30°Cでは全身温冷感がより温かい側で評価されること等を示している。この他、屋外環境を対象にした実験¹³⁹)や、熱伝導と日射を考慮できる評価方法を提案する研究¹⁴⁰)はいくつかあるが、足裏への局所加熱と想像温度や熱的な快不快感の関係性に関する知見は十分とは言えない。

4-2. 実験の概要

図 4-2-1 と図 4-2-2、次ページ表 4-2-1 に実験室と計測内容を示す。被験者実験は 2019 年 11 月 10 日（日）13：30～16：30 に 3 名、2019 年 11 月 11 日（月）18：30～20：30 に 3 名の計 6 名（全員男性、大学生または大学院生）の被験者を対象に実施した。実験室内の温熱環境実測と被験者の脳波および心拍数を計測し、アンケートによる心理量の測定を行なった。なお、11 月 10 日の被験者 1 名のデータに大きな欠損が見られたため、本研究では 5 名のデータを用いて分析した。

実験には札幌市立大学芸術の森キャンパス（札幌市南区）の 1 室を用いた。この実験室は、1991 年竣工の RC 造で東面に窓ガラス（普通複層ガラス（FL3+A6+FL3）+金属製熱遮断サッシ、U 値：4.07W/(m²・K)）がある。この実験室は暖房設備としてパネルヒーターを有するが、実験中はこのパネルヒーターを運転させなかった。

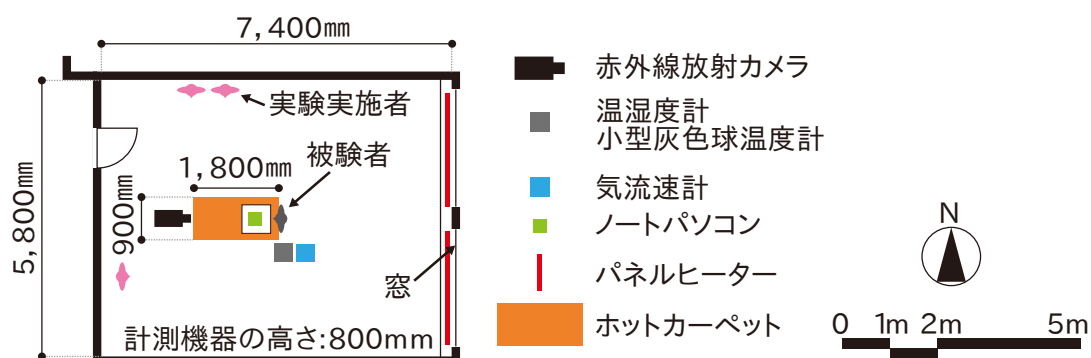


図 4-2-1. 実験室の概要



図 4-2-2. 実験の様子（撮影日：2019 年 11 月 10 日）

表 4-2-1. 計測項目

計測項目	計測機器	計測感覚
外気温湿度	RTR-501 (T&D社)	5秒
空気温湿度	RTR-501 (株式会社ティアンドデイ) T型熱電対 (THERMIC、株式会社江藤電機)	5秒
物理量	小型灰色球温度	T型熱電対 (THERMIC、株式会社江藤電機)
	気流速度	TR-51i (株式会社ティアンドデイ)
	熱流 (足裏)	M55A (株式会社江藤電機)
	熱画像	赤外線放射カメラ
		フェーズ毎
生理量	脳波	Mindwave Mobile (株式会社ニューロスカイ)
	心拍	SFE-SEN-11574 (株式会社スイッチサイエンス)
	想像温度	ノートPC
心理量	快不快感	ノートPC
	寒暑感	ノートPC

想像温度・快不快感・寒暑感は、実験中(29分間)のうち、実験開始後7~12分、19~24分の間に連続して申告してもらった。それらの申告の時間変化を読み取るため、図 4-2-3 に示すノートパソコン(以下、ノート PC)画面を椅座の被験者の前に表示し、被験者自らがノート PC に接続したマウスを操作して、各心理量を申告してもらった。なお申告画面は、第3章で用いた申告ボードの内容と同じものを使用している。

申告内容を改めて説明する。想像温度は今の温度を直感で回答してもらい、快不快感は、第3章の実験と同じく、「快適(心地よい)」「不快でない」「不快」から選択してもらった。また、寒暑感は「とても寒い」と「とても暑い」を両端に持つ軸上の該当する位置に図 4-2-3 の黒色の三角マークをマウス操作によりそれぞれ移動することで申告してもらった。なお心理量は、物理量の計測間隔と併せて5秒毎に集計した。

なお、心理量の申告は60fpsで計測されており、またマウス操作により申告してもらっているため、操作時にラグが生じた。

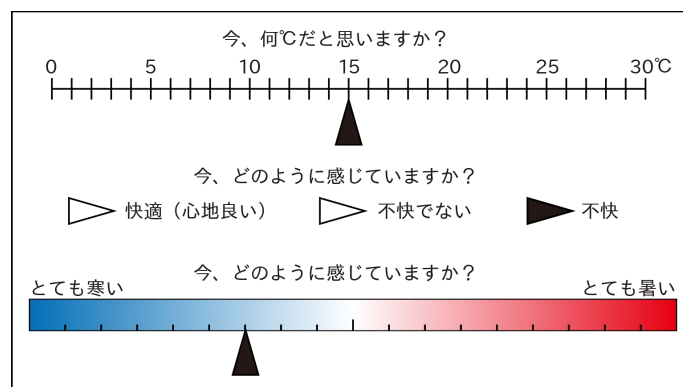


図 4-2-3. 申告画面(再掲、図 3-2-5)

第4章 冬季の被験者実験による想像温度と熱伝導の関係の把握

実験の流れを図 4-2-4 に示す。実験は「安静 2分」→「脳波測定 5分」→「アンケート回答 5分」を 1セットとして、2セット行なった。脳波測定中の 5分間は目を閉じ、体を動かさないように依頼した。1セット目は非運転のホットカーペットを敷き、1セット目終了後すぐに、あらかじめ別に運転させ加温しておいたもう 1つのホットカーペットに交換し、足裏のみに熱伝導を与えた。ホットカーペットの下には、50 mmのスタイロフォーム、アルミ断熱シートを設け、床面側への熱伝導をできる限り抑制した(図 4-2-5)。ホットカーペットは、市販のものを使用し(株式会社ニトリ ホットカーペット H NT-1J)、表面温度が最大約 45°C(カタログ値)となる「強」に設定して運転した。なお本実験では、熱流を正確に計測するため被験者には裸足になってもらい、熱流計の上に素足(足指の付け根)を密着してもらった。また実験開始前に実験の説明を行ない、さらに同意書への記入を依頼したため、実験室には実験開始前に 15~20 分程度滞在していた。そのため、実験開始前の被験者の生理・心理状態は概ね同様と判断した。

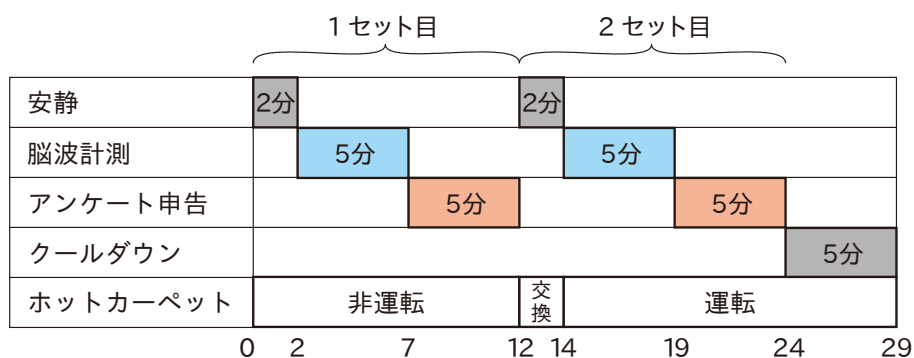


図 4-2-4. 実験フロー

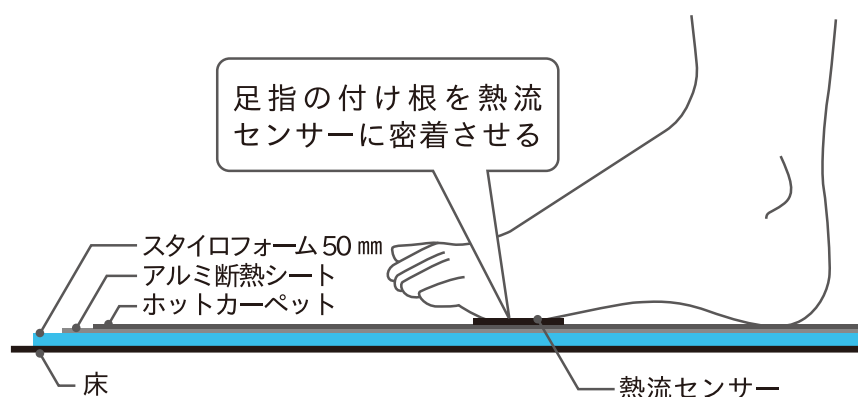


図 4-2-5. ホットカーペットと熱流センサーの配置

4-3. 実験の結果

本研究では、生理量として脳波と心拍数の計測も行ったが、ノイズが入ったため、これらの生理量の分析は行わず、温熱環境実測と心理量の結果について分析を行なう。

4-3-1. 物理量の測定結果

実験中の外気温度は、実験前半（被験者 1・2）が 4.0～6.0℃と約 2K の差があり、実験後半（被験者 3・4・5）が約 8.0℃で一定であった。外気相対湿度は、実験前半が 40～50% であり、実験後半が 100% に近かった。これは、実験後半時の天気が雨だったためである。

次ページ図 4-3-1 に実験時の室内の空気温度と MRT を示す。図中の網掛け部分はアンケート申告の時間を表す。空気温度と MRT は、実験前半が 16.8～17.2℃、実験後半が 18.7℃～19.7℃で推移しており、各実験中に大きな変化は見られなかった。なお、実験室には窓があるため、実験室内の放射環境は不均一であったと考えられるが、本実験では、被験者近傍の空気温度・小型灰色球温度・気流速度から計算した MRT を代表値として使用した。また室内相対湿度は全実験中で 40～50% であった。

次ページ図 4-3-2 に実験時の周壁からヒトに入る放射エクセルギー X_{rad} [W/m²] を示す。第 2 章で述べたとおり、 X_{rad} は、外気温度と周壁の放射温度の大小関係から、放射により物体を温める、または冷やす能力の大きさを表す¹³⁰⁾。これは本研究で着目している熱伝導でも同様であり、すなわち伝導熱エクセルギーは、熱伝導により物体を温める、または冷やす能力の大きさを表すと考えられる。本実験では、MRT とホットカーペットの表面温度が外気温度よりも高く、 X_{rad} と伝導熱エクセルギーはともにヒトを温める条件であった。そのため、これらの大きさに着目することで、足裏への局所加熱が想像温度に与える影響を詳細に考察できると考え、 X_{rad} と伝導熱エクセルギーを用いた分析を行なった。なお、 X_{rad} は第 2 章で示した式 2-2 により算出した。

温放射エクセルギーは、被験者 1・4・5 で約 1.1～1.2W/m²、被験者 2・3 で約 1.3W/m² であり、被験者間の差は 0.1～0.2W/m² 程度であった。また実験中（29 分間）の温放射エクセルギーに大きな変動はなかった。

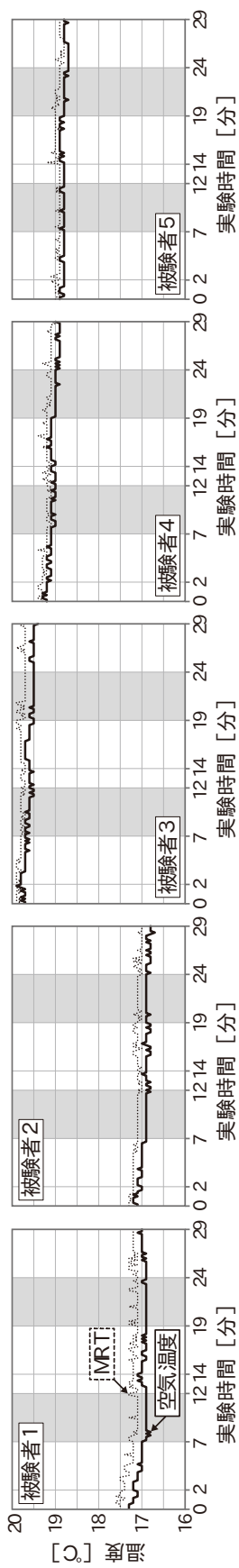


図 4-3-1. 被験者別の空気温度と平均放射温度 (MRT)

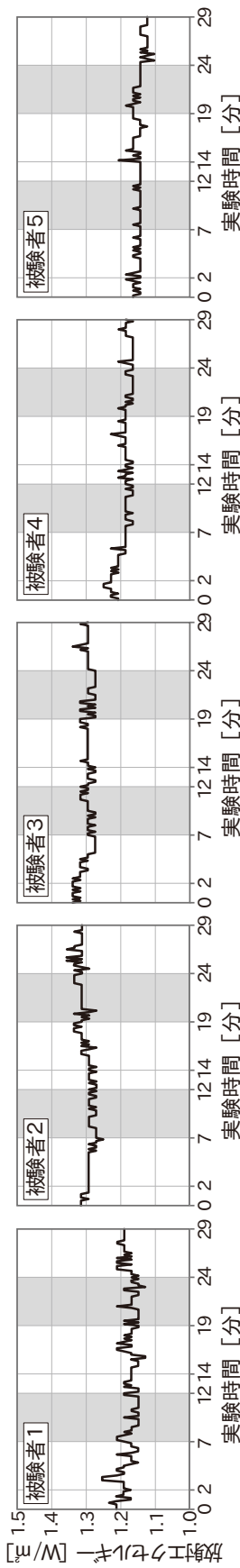


図 4-3-2. 被験者別の放射エクスチェンジ係数

第4章 冬季の被験者実験による想像温度と熱伝導の関係の把握

次ページ図4-3-3に熱伝導量を、次ページ図4-3-4に伝導熱エクセルギーの結果を示す。熱伝導量 Q [W/m^2]は式4-1および4-2により算出した。

$$Q = q \times \frac{Ap}{As} \quad (4-1)$$

$$As = 0.008883H^{0.663} \times W^{0.444} \quad (4-2)$$

ここで、 q は熱流量 [W/m^2]、 Ap は足裏の接触面積 [m^2]、 As は人体表面積 [m^2]、 H は身長 [cm]、 W は体重 [kg]である¹⁴¹⁾。なお、 Ap は既存の統計資料を参考に足長 253mm、足幅 101mm として算出した¹⁴²⁾。

また、伝導熱エクセルギー X_{cond} [W/m^2]は式4-3により算出した。

$$X_{cond} = \left(1 - \frac{T_o}{T_s}\right) \times Q \quad (4-3)$$

ここで、 T_s はホットカーペット表面の絶対温度 [K]である。本研究では、ホットカーペットの表面温度を継続して取得していなかったため、非運転時の T_s には MRT を、運転時の T_s にはカタログ値の $45^\circ C$ を用いた。また本研究では、ホットカーペットから足裏への熱伝導を正、足裏からホットカーペットへの熱伝導を負とした。

1セット目の熱伝導量は $-3.4 \sim -1.0 W/m^2$ 程度、伝導熱エクセルギーは $-1.0 \sim -0.05 W/m^2$ 程度であり、足裏から床面への熱伝導が生じている。また2セット目は、ホットカーペットを交換した瞬間が最も熱伝導量が大きくなるが、その後、熱伝導量は $4.0 \sim 5.0 W/m^2$ 程度、伝導熱エクセルギーは $0.4 \sim 0.6 W/m^2$ 程度で大きな変動がなく推移する。これは、足とホットカーペットが接した瞬間が最も温度差が大きくなるが、その後、徐々に足裏の温度が上昇し、熱伝導量が安定したためと考えられる。

以上をまとめると、室内外の空気温湿度と MRT、温放射エクセルギーは実験中 (29 分間) に大きな変動はなく、変動があるのは足裏への熱伝導、特に足裏を温める伝導熱エクセルギーのみである。このため、以降で述べる心理量の経時変化の結果は、主に伝導熱エクセルギーによる影響と考えられる。

なお、被験者の着衣量は $0.50 \sim 0.84 clo$ だった。

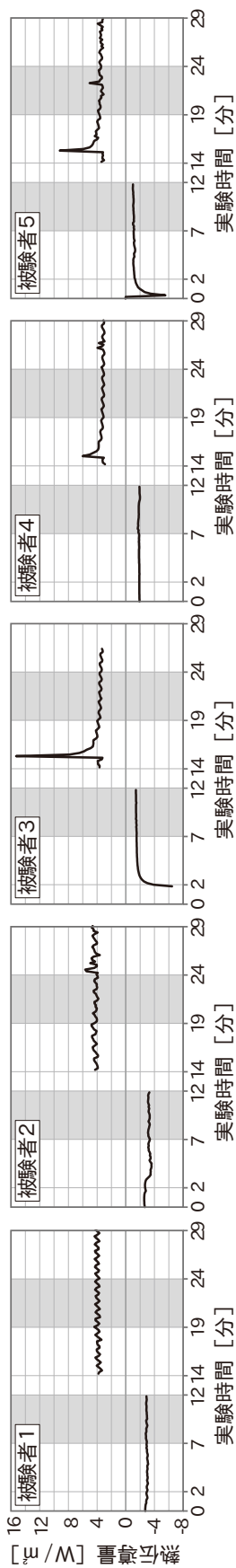


図 4-3-3. 被験者別の足裏への熱伝導量

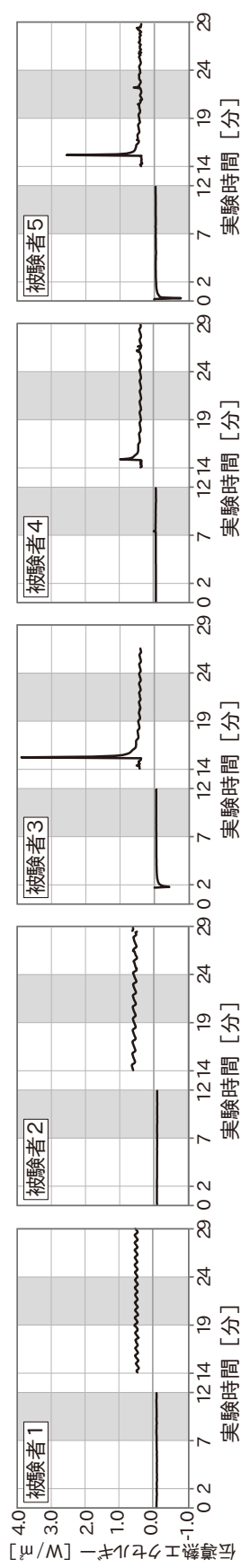


図 4-3-4. 被験者別の足裏への伝導熱エクセルギー

4-3-2. 心理量の測定結果

本研究では、心理量はノート PC を用いて回答してもらったため、前述のとおり回答開始直後にはラグが生じていた。

(1) 寒暑感・快不快感の結果

次ページ図 4-3-5 に寒暑感を、次ページ図 4-3-6 に快不快感の結果を示し、以下に被験者毎の詳細を記す。

①被験者 1 の結果

寒暑感は、1 セット目のほとんどは「中立」位置で申告されるが、1 セット目終了直前に「寒冷」側の申告になる。2 セット目では、寒暑感は「暑熱」側になるが、実験開始 21 分後にやや低下する。また快不快感は、1 セット目には「不快でない」、2 セット目には「快適」申告になる。

②被験者 2 の結果

寒暑感は、1 セット目には「寒冷」側の申告で、2 セット目には「暑熱」側の申告になる。また快不快感は、1 セット目には「不快でない」申告で、2 セット目には「快適」申告になる。

③被験者 3 の結果

被験者 2 の結果とほとんど同様であるが、1 セット目の寒暑感は被験者 2 と異なり、「寒冷」側の申告から「中立」位置の申告になる。

④被験者 4 の結果

寒暑感は、1 セット目には「寒冷」側の申告であるが、2 セット目にはわずかに「暑熱」側の申告になる。また快不快感は、他の被験者とは異なり、1 セット目・2 セット目ともに「快適」の申告である。

⑤被験者 5 の結果

寒暑感は、1 セット目・2 セット目ともに「寒冷」側の申告であり、特に 2 セット目中心盤には、より「寒冷」側になる。また快不快感は、1 セット目・2 セット目ともに「不快でない」の申告から変化はない。

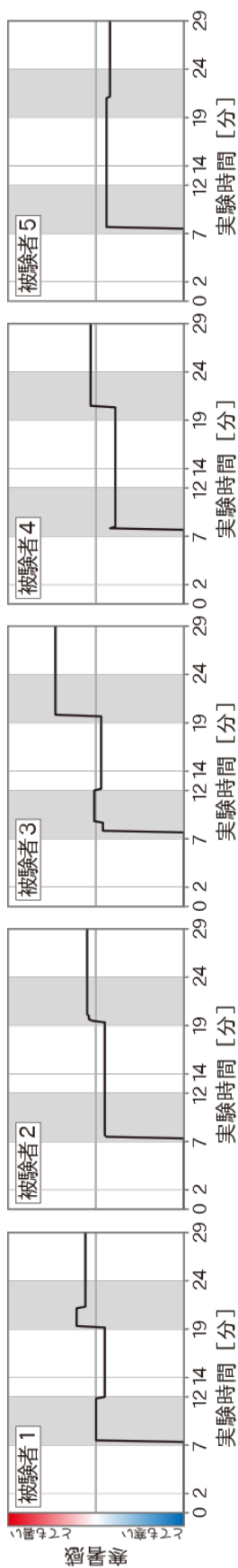


図 4-3-5. 被験者別の寒暑感申告

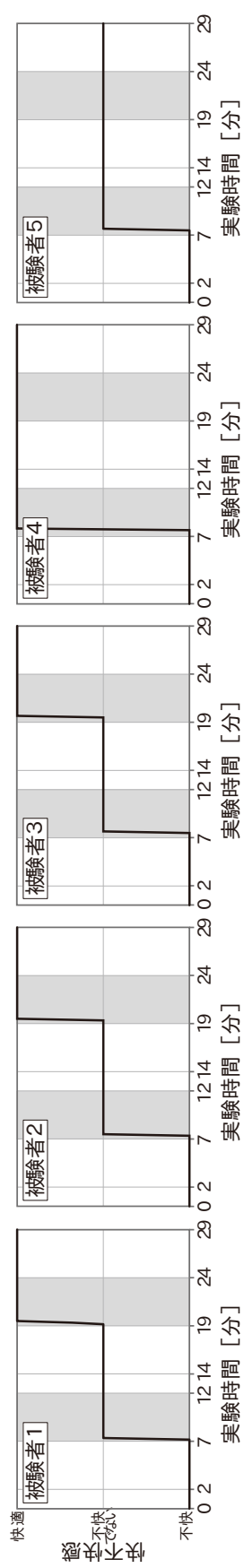


図 4-3-6. 被験者別の快不快感申告

第4章 冬季の被験者実験による想像温度と熱伝導の関係の把握

被験者 1・2・3・4 は、足裏への局所加熱により寒暑感が「暑熱」側への向上し、また被験者 1・2・3 では快不快感も「快適」申告になる。このことから、足裏への局所加熱により温かさを認知させるためには、空間の温放射エクセルギーが 1.1~1.3W/m²程度、必要であることが示唆された。

表 4-3-1 に、申告時（実験開始 7~12 分と 19~24 分の計 10 分）の伝導熱エクセルギーと寒暑感の関係を示す。伝導熱エクセルギーは正負の 2 群、寒暑感は「暑熱」側と「中立」・「寒冷」側の 2 群に分けて集計し、有意水準 p を 0.05 とした χ^2 検定と残差分析を行なった。伝導熱エクセルギーが正のとき、つまり、足裏が温められているとき、寒暑感は「暑熱」側申告が有意に多くなることが示された ($p<0.001$)。また同様に、快不快感についても同様の分析を行なった（表 4-3-2）。伝導熱エクセルギーが正のとき、「快適」申告が有意に多くなることが示された ($p<0.001$)。これらのことから、温放射エクセルギーが 1.1~1.3W/m²程度の空間において、足裏への伝導熱エクセルギーが 0.4~0.6W/m²程度となる局所加熱は、寒暑感を「暑熱」側へ、快不快感を「快適」側へと変化させることに寄与すると考えられる。

表 4-3-1. 伝導熱エクセルギーと寒暑感の関係

	寒暑感が暑熱側	寒暑感が中立・寒冷側
伝導熱エクセルギーが負	38 (-)	262 (+)
伝導熱エクセルギーが正	212 (+)	93 (-)

※カイ 2 乗検定： $p<0.001$

※残差分析：有意に多い (+)、有意に少ない (-)

表 4-3-2. 伝導熱エクセルギーと快不快感の関係

	快適	不快でない	不快
伝導熱エクセルギーが負	51 (-)	219 (+)	30 (+)
伝導熱エクセルギーが正	228 (+)	77 (-)	0 (-)

※カイ 2 乗検定： $p<0.001$

※残差分析：有意に多い (+)、有意に少ない (-)

(2) 想像温度の結果

次ページ図 4-3-7 に想像温度の申告の経時変化を示し、以下に被験者毎の詳細を記す。

①被験者 1 の結果

被験者 1 の平均想像温度は、1 セット目で約 21.1°C で、室温や MRT よりも約 3.9°C 高い。また 2 セット目には約 22.1°C となり、足裏への局所加熱により想像温度が約 1.0°C 高くなる。

②被験者 2 の結果

被験者 2 の平均想像温度は、1 セット目で約 20.7°C で、室温や MRT よりも約 3.6°C 高い。また 2 セット目には約 21.8°C となり、足裏への局所加熱により想像温度が約 1.1°C 高くなる。

③被験者 3 の結果

被験者 3 の想像温度は、1 セット目で約 18.8°C で、室温や MRT よりも約 1.0°C 低い。また 2 セット目には約 20.8°C となり、足裏への局所加熱により想像温度が約 1.0°C 高くなる。

④被験者 4 の結果

被験者 4 の想像温度は、1 セット目で約 22.8°C で、室温や MRT よりも約 3.6°C 高い。また 2 セット目には約 23.2°C となり、足裏への局所加熱により想像温度が約 0.4°C 高くなる。

⑤被験者 5 の結果

被験者 5 の想像温度は、1 セット目で約 19.8°C で、室温や MRT よりも約 0.9°C 高い。また 2 セット目には約 19.0°C となり、足裏への局所加熱により想像温度が約 0.8°C 低くなる。

被験者 1・2・3・4 は、足裏への局所加熱により想像温度が上昇したが、被験者 5 は低下した。これは、足裏を温めた時間が短い影響と考えられる。

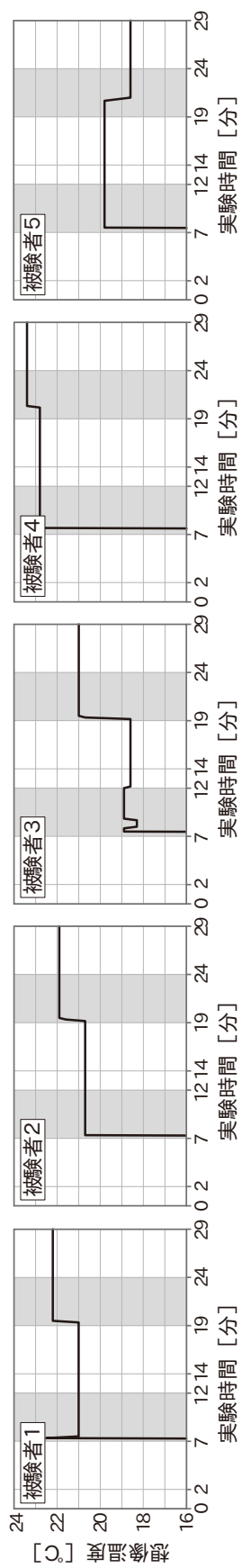


図 4-3-7. 被験者別の想像温度申告

第4章 冬季の被験者実験による想像温度と熱伝導の関係の把握

ここで、1セット目と2セット目の想像温度の上昇・降下について、有意水準 p を 0.05 とした Wilcoxon の符号順位検定を行なった。その結果を図 4-3-8 に示す。被験者 1・2・3・4 は、足裏への局所加熱を行なった2セット目の想像温度が、1セット目よりも有意に上昇している ($p < 0.001$)。また、次ページ表 4-3-3 に2セット目の平均温放射・伝導熱エクセルギーとそれらの総和（以下、総和とする）、総和に対する平均伝導熱エクセルギーの比（以下、伝導熱エクセルギー比とする）を示す。総和は $1.57 \sim 1.94 \text{ W/m}^2$ であり、伝導熱エクセルギー比は $0.25 \sim 0.29$ である。すなわち本実験では、人体に入る熱エクセルギーのうち、3割弱が伝導熱エクセルギーであった。このことから、温放射エクセルギーが $1.1 \sim 1.3 \text{ W/m}^2$ の空間において、足裏への伝導熱エクセルギーが $0.4 \sim 0.6 \text{ W/m}^2$ 程度となる局所加熱は、想像温度を上昇させることが示唆された。なお、廣林ら¹⁰⁸⁾ は冬季の札幌市の床暖房がされている住宅を対象として人体エクセルギー収支の分析を行ない、ヒトに入る温放射エクセルギーが 3.8 W/m^2 で「温もり」のある熱的な快が得られるとしている。本章の総和は廣林らの結果よりも小さいが、被験者は足裏への局所加熱により「快適」または「暑熱」側の申告を得ていた。床暖房とホットカーペットでは、温められている面積やその形態係数が異なるため、このような違いが生じている可能性が考えられる。

また、これらのことから、想像温度は温熱6要素だけでなく、熱伝導の影響も反映できる認知情報であることが明らかになった。さらに、第2章で整理したとおり放射エクセルギーと想像温度の関係は整理されつつあるが⁶⁴⁾、本研究により、伝導により物体を温める、または冷やす能力の大きさを表現できる伝導熱エクセルギーと想像温度の関係性についても明らかにできた。

一方で、被験者5は、足裏への局所加熱をした2セット目に想像温度が有意に低下している ($p < 0.001$)。被験者5の2セット目の寒暑感は、1セット目と比較してより寒冷側の申告であるが、想像温度は寒暑感の変化に追随している。このことから、想像温度は、寒暑感・快不快感の変化を非定常的に評価できることが第3章と同様に示された。

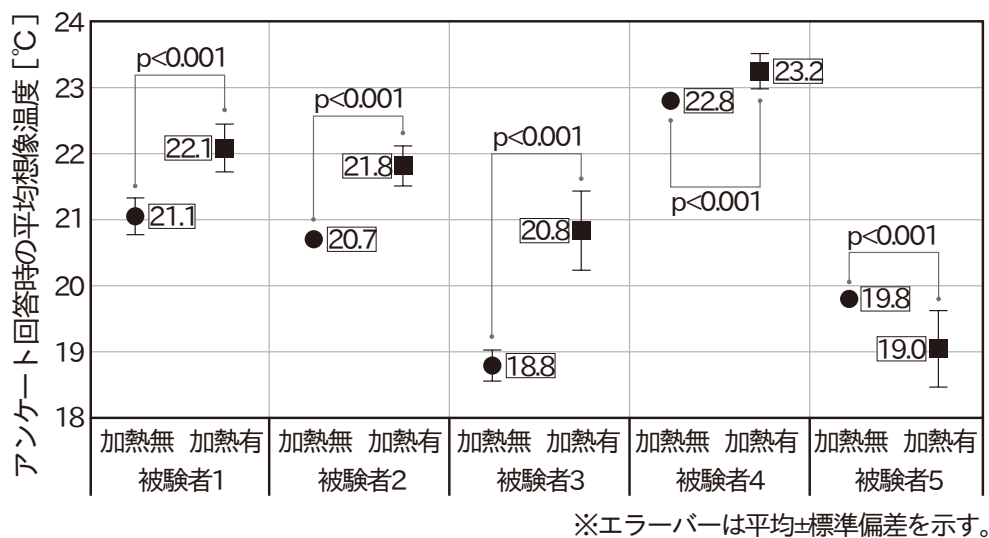


図 4-3-8. アンケート回答時の平均想像温度

表 4-3-3. 2セット目の平均放射・伝導熱エクセルギーとそれらの総和、

総和に対する平均伝導熱エクセルギーの比

	平均温放射 エクセルギー	平均伝導熱 エクセルギー	総和	総和に対する 平均伝導熱エクセルギーの比
被験者1	1.17	0.49	1.66	0.29
被験者2	1.37	0.57	1.94	0.29
被験者3	1.29	0.48	1.78	0.27
被験者4	1.18	0.39	1.57	0.25
被験者5	1.14	0.44	1.59	0.28

4-3-3. PMV・SET*と心理量の関係

PMV と SET*は、熱的な快不快感の評価に用いられる国際標準の指標であり、これらの指標は定常条件下でのみ使用できる。本研究では熱伝導以外の物理環境に大きな変化が見られなかったため、実験開始時および実験終了時の PMV と SET*を計算した。得られた PMV と SET*を表 4-3-4 に示す。

本実験では、実験開始時・実験終了時ともに中立条件・快適域ではない^{143, 144)}。しかし、2セット目の寒暑感は「暑熱」側の申告が4人、また2セット目の快不快感は、「快適」申告が4人、「不快でない」申告が1人であり、PMV・SET*との乖離が見られた。これは、2セット目は足裏への局所加熱を行なっており、PMV・SET*の計算条件に熱伝導が含まれていないためと考えられる。床暖房のような熱伝導を伴う場合は先行研究^{例えば 136~138)}でも示されているが、寒暑感、快不快感の評価には、熱伝導を考慮する必要性が改めて確認された。

表 4-3-4. 実験開始時・終了時の PMV と SET*

	実験開始時		実験終了時	
	PMV	SET*	PMV	SET*
被験者1	-2.7	17.3	-2.8	17.0
被験者2	-2.1	17.1	-2.1	16.8
被験者3	-2.4	19.7	-2.5	19.5
被験者4	-2.6	19.2	-2.7	19.0
被験者5	-2.7	18.9	-2.7	18.9

第4章 冬季の被験者実験による想像温度と熱伝導の関係の把握

本研究では、想像温度と熱伝導、特に伝導熱エクセルギーとの関係について整理することができ、新たな知見として、想像温度が熱伝導の影響を受けることを明らかにすることができた。第2章で得られた結果を踏まえると、本章の結果から、想像温度と物理量の関係を網羅的に整理することができたと考えられる。第2章の結果と本章で得られた結果を表4-3-5にまとめる。この結果から、想像温度は、多様な要因を考慮できる指標であることが明らかになった。

「住みこなし」のためには、曝されている温熱環境を適切に認知する必要があると考えられる。しかし、温熱環境は様々な物理量の影響があり、第3章および本章でも示したように、PMVやSET*といった既存の温熱環境の評価指標では評価できない状態もある。想像温度は、既存指標では評価できない温熱環境であっても、ヒトの熱的な快不快感と一定程度の関係性があることが明らかになり、その有用性が示されたと考えられる。これらのことから、「住みこなし」のためには想像温度に着目することは妥当と考えられる。

表4-3-5. 第2章の結果と本章で得られた結果のまとめ

種類	関係
空気温度	想像温度と正の相関がある。
外気温度	想像温度と正の相関がある。また潜在因子を経由して影響する。
小型グローブ温度・MRT	想像温度と正の相関がある。
放射エクセルギー	想像温度と正の相関がある。
相対湿度	相対湿度の条件によって想像温度に差が生じる。
物理量	SET*
	正の相関がある。暑熱不快申告を評価する際には、想像温度の方が有用である。
	気流速度
	気流速度に応じて変動する。
	着衣量
	負の相関がある。
	WBGT
	想像温度はWBGTよりも低く申告される。
	人体エクセルギー消費速度
	夏季には、人体エクセルギー消費速度が $2.5\text{W}/\text{m}^2$ 未満のとき、想像温度が高くなる傾向がある。
	熱伝導（本章）
	想像温度は、足裏という人体表面積に対してわずかな面積の部位への熱伝導であっても影響を受ける。

4-4. 第4章のまとめ

本章では、空気温度と MRT が 17°C または 19°C 程度の比較的寒冷的な条件で被験者実験を冬季に行ない、足裏への局所加熱が想像温度に与える影響に関する知見を得ることを目的とした。得られた知見を以下に示す。

- 1) 温放射エクセルギーが $1.1\sim 1.3\text{W/m}^2$ 程度の空間において、足裏への伝導熱エクセルギーが $0.4\sim 0.6\text{W/m}^2$ 程度となる局所加熱は、想像温度を上昇させ、さらに寒暑感や快不快感の向上に寄与する可能性がある。
- 2) 想像温度は温熱 6 要素だけでなく、熱伝導の影響も考慮できる認知情報である。
- 3) 本実験条件は、PMV・SET* の中立条件・快適域には当たらない温熱環境であるが、足裏への局所加熱により、寒暑感で「暑熱」側、快不快感で「快適」の申告が得られた。このことから、熱的な快不快感の評価には、熱伝導を考慮する必要性が改めて確認された。また、想像温度は、快不快感や寒暑感の変動に追従できていた。
- 4) 本章で得られた知見から、想像温度と物理量 の関係を網羅的に整理することができた。また、これらのことから、「住みこなし」のためには想像温度に着目することは妥当であることが示唆された。

第5章

夏季の実生活における 想像温度と心理量の関係の把握

5-1. はじめに

第3章では、熱的に「不快でない」状態の存在を冬季の被験者実験により明らかにした。しかし、「住みこなし」は実生活で生じるヒトの行動の蓄積であると言えよう。そのため、被験者実験だけではなく、実生活の中でも「不快でない」状態が存在することを明らかにする必要がある。

他方、第2章では、想像温度と快不快感・寒暑感・発汗感の関係性を整理したが、温熱環境と関連のある心理量は、気流感や許容度など他にもある。実生活下において、想像温度と上述以外の心理量との関係を明らかにすることで、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等との関係を網羅的に明らかにすることができると考えられる。

そのため本章では、気候が異なる北海道内4都市を対象に夏季の住宅を対象に調査を行ない、実生活においても「不快でない」状態が存在することを統計的に明らかにすることを目的とする。さらに、想像温度と心理量の関係について、空気温湿度といった物理量との結果と比較しながら分析し、想像温度の有用性を示す。

5-2. 調査の概要

5-2-1. 調査の概要

表 5-2-1 に調査の概要を示す。調査は 2021 年 7 月 26 日から 8 月 16 日までの期間で温熱環境実測（空気温湿度と小型グローブ温度）とアンケート調査票を用いた調査を実施した。

また本研究では、地域差にも着目するため、調査都市は拡張アメダス気象データにより 7 日間平均気温の最高値を算出し、上位（札幌市、旭川市）、中位（帯広市）、下位（釧路市）の 4 都市を選定した。なお、7～8 月における 4 都市の 7 日間平均気温の最高値は、札幌市が 26.4℃（北海道の観測地点の総数 160 地点中 1 位）、帯広市が 23.9℃（160 地点中 62 位）、旭川市が 26.1℃（160 地点中 3 位）、釧路市が 18.6℃（160 地点中 154 位）である。

5-2-2. 計測項目とアンケート

空気温湿度計と小型グローブ温度計は、日射が当たらず、エアコンの真下を避け、扇風機の風が当たらない居間に設置を依頼した。また、床上 1,000～1,200 mm 程度の高さで、壁から離して設置をしてもらい、10 分間隔で計測した。なお本研究では、一般の住宅を対象としており、上下または開口部などの表面温度には差が生じていると考えられるが、表 5-2-1 に示す小型グローブ温度計により計測されたグローブ温度を居間の放射環境の代表値としてとらえている。また、実測期間中の外気温度は、各都市の気象官署のデータを用いた。

アンケートは、可能な限り 1 日 1 回、10 時から 14 時の間で回答を依頼し、表 5-2-1 に示す設問を設けた。特に本研究では、寒暑感や快不快感、発汗感といった温熱環境の調査で一般に用いられる心理量に加えて、想像温度と気流感や後述する体熱感の問いを設けた。なお、快不快感は、第 3 章、第 4 章と同様に、「不快」「不快でない」「快適（心地良い）」の 3 段階とした。また、居住者が想像する熱中症危険度を聞いているが、これは WBGT に基づく危険度（問題なし（ $WBGT < 21^{\circ}C$ ）、注意（ $21^{\circ}C \leq WBGT < 25^{\circ}C$ ）、警戒（ $25^{\circ}C \leq WBGT < 28^{\circ}C$ ）、嚴重警戒（ $28^{\circ}C \leq WBGT < 31^{\circ}C$ ）、危険（ $31^{\circ}C \leq WBGT$ ）と同様の 5 段階に設定し、熱中症予防運動指針を参考にした用語と解説を提示したうえで回答を依頼した¹⁴⁵⁾。なお、回答には早朝や夜間のものも含まれていたため、本研究では 10 時から日没となる 18 時までの回答を有効回答とした。

表 5-2-1. 調査の概要

	札幌市	帯広市	旭川市	釧路市
回答者数	13	5	6	9
回答者の性別	男性	0	0	3
	女性	9	5	6
回答者の年齢	20歳代以下	4	0	0
	30歳代	1	0	1
	40歳代	3	0	0
	50歳代	2	1	1
	60歳代	1	2	0
	70歳代以上	2	2	0
有効回答数	N=187	N=83	N=92	N=140
調査期間	2021/7/26~8/16	2021/7/30~8/16	2021/7/26~8/16	2021/7/26~8/16
温湿度計	RTR-503 (株式会社ティアンドディ)		Watch Logger 265F (株式会社藤田電機製作所)	
	RTR-502 (株式会社ティアンドディ)		Watch Logger 155FP (株式会社藤田電機製作所)	
小型グローブ温度計	※小型グローブ球（プラスチック、40mm）をセンサーの先端に取り付けた。			
外気温湿度	各地点のAMeDASのデータを使用			
アンケートの設問 (回答は可能な限り1日1回、10:00~14:00の間で依頼をした。)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 回答時の日付と時刻 (自由記述) 2. 想像温度 (自由記述) 3. 寒暑感 (寒いー涼しいーやや涼しいーどちらでもないーやや暑いー暑いーとても暑い) 4. 体熱感 (熱さを感じないーやや熱さを感じるー熱さを感じるーとても熱さを感じる) 5. 快不快感 (快適 (心地良い)ー不快でないー不快) 6. 気流感 (とても気流を感じるー気流を感じるーやや気流を感じるー気流を感じない) 7. 発汗感 (汗をかいているー汗をかいていない) 8. 許容度 (受け入れられるー受け入れられない) 9. 熱中症危険度 (回答者の申告) (問題なしー注意ー警戒ー嚴重警戒ー危険) 10. 着衣 (複数回答) 11. 環境調整行動 (複数回答) 12. アンケート回答前の行動 (複数回答) 			

5-2-3. 体熱感 (Physical Heat Feeling) と寒暑感 (Thermal Sensation)

本研究は夏季の調査のため、空間の暑さ寒さだけでなく、居住者の身体内部の熱さ感を確認することとし、アンケートに「体熱感 (Physical Heat Feeling)」という心理量を設定した。この体熱感、医師が熱中症患者に対し、その有無を確認する場合がある心理量でもある^例例えば 146, 147)。本研究では、体熱感を「自身の身体内部の熱さに関する認知・評価」と定義した。また類似する心理量として寒暑感があるが、本研究では、寒暑感を「自身が曝されている身体周囲の暑さ、寒さに関する認知・評価」と定義した。これらの定義に基づき、アンケートの設問は、体熱感を「身体内部で熱さを感じていますか?」とし、寒暑感を「室内の暑さ感について、どのように感じていますか?」とした。体熱感と寒暑感の選択肢は、体熱感を「熱さを感じていない~とても熱さを感じている」の4件法、寒暑感を日本建築学会環境基準³⁷⁾を参考に「寒い~とても暑い」の7件法で設定した。

5-3. 調査結果

5-3-1. 調査結果の概要

本研究では、日中に在宅している居住者を対象として回答者を募った。回答を依頼した世帯数は札幌市で13人（アンケートの有効回答数187）、帯広市で5人（アンケートの有効回答数83）、旭川市で6人（アンケートの有効回答数92）、釧路市で9人（アンケートの有効回答数140）である。なお本研究における有効回答数は、表5-2-1と参考資料に示すアンケートの回答1票を有効回答数1と計算しており、調査期間中に回答されたアンケートの総数である。また、回答者の性別は、札幌市が男性4名・女性9名、帯広市が男性0名・女性5名、旭川市が男性0名・女性6名、釧路市が男性3名・女性6名であり、全ての都市で女性の方が多。回答者の年代は、札幌市が20歳代以下、帯広市が60歳代と70歳代以上、旭川市が30歳代、釧路市が40から50歳代が最も多くなり、都市により違いがある。都市別の回答者数・有効回答数を表5-3-1に示す。

表 5-3-1. 都市別の回答者数・有効回答数等

	札幌市		帯広市		旭川市		釧路市	
	回答者数	アンケートの有効回答数	回答者数	アンケートの有効回答数	回答者数	アンケートの有効回答数	回答者数	アンケートの有効回答数
男性	4	35	0	0	0	0	3	50
女性	9	152	5	83	6	92	6	90

5-3-2. 物理量の測定結果

次ページ図5-3-1に4都市の調査期間中の外気温度を示す。2021年8月8日までは最高気温が30℃を超える日が続いている。北海道内で比較的寒冷的な釧路市でも、2021年7月31日に最高気温が30℃を超えている。一方、2021年8月9日以降は全ての都市で最高気温が低下する。なお、2021年の7～8月の日最高気温の平均値は、気象庁が公開している平年値¹⁴⁸⁾と比較して、札幌市が2.2K、帯広市が1.4K、旭川市が3.1K、釧路市が1.6K高く、平年よりも暑かったと考えられる。

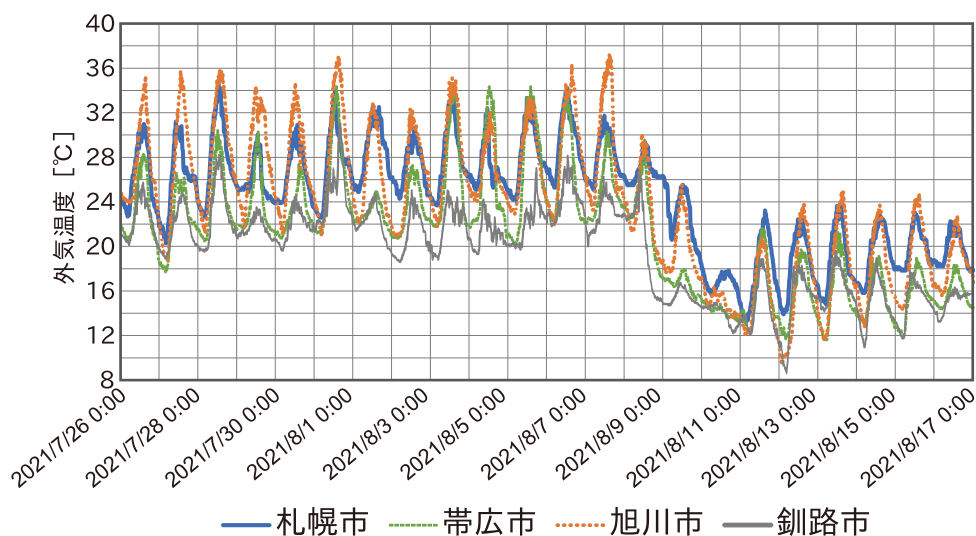


図 5-3-1. 調査期間の各地点の外気温度

次ページ図 5-3-2 から図 5-3-6 にアンケート回答時の外気温度、外気相対湿度、空気温度、相対湿度、小型グローブ温度を示す。また、有意水準 p を 0.05 と定めた Kruskal-Wallis 検定を行ない、有意水準が $p < 0.01$ となったため、有意水準を $p = 0.05$ と定めて実施した Steel-Dwass 法による多重比較検定の結果も併せて示す。

アンケート回答時の外気温度は、全ての都市で最高気温と最低気温の差が大きいですが、これは、8月9日以降の外気温度の低下が影響していると考えられる。また外気相対湿度は、帯広が全ての都市よりも有意に低い。

アンケート回答時の空気温度は、釧路市が札幌市と旭川市に比べて有意に低い。空気温度の平均値は、札幌市が 27.4°C、帯広市が 26.3°C、旭川市が 26.5°C、釧路市が 25.6°C であり、札幌市と釧路市で 1.8K の差がある。

アンケート回答時の相対湿度は、釧路市が最高・平均ともに他の都市と比べて約 10~20 ポイント高い。また相対湿度は、札幌市が他の都市より有意に低く、釧路市が他の都市より有意に高い。

アンケート回答時の小型グローブ温度は、空気温度とほぼ同じ傾向であったが、小型グローブ温度では札幌市と旭川市に有意差が認められた。

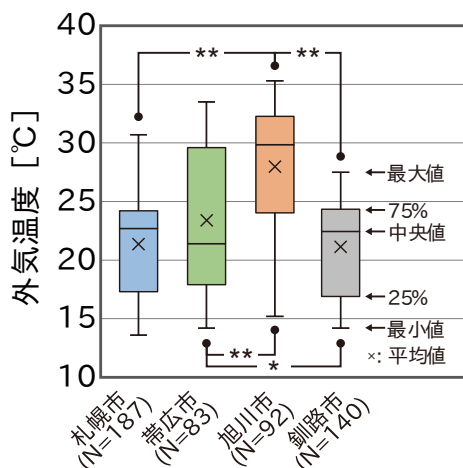


図 5-3-2. アンケート回答時の外気温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

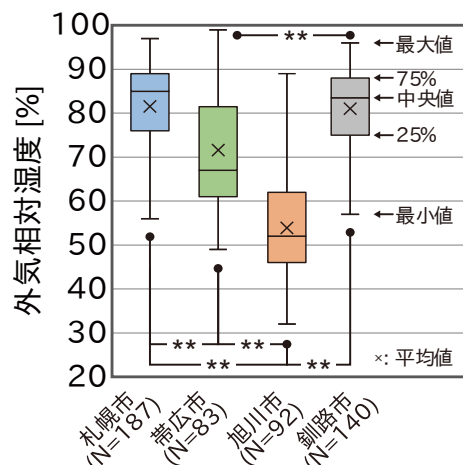


図 5-3-3. アンケート回答時の外気相対湿度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

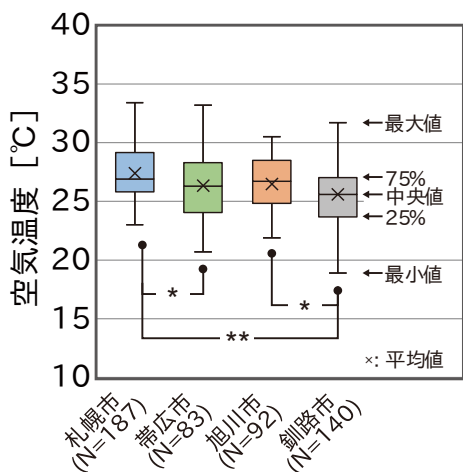


図 5-3-4. アンケート回答時の空気温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

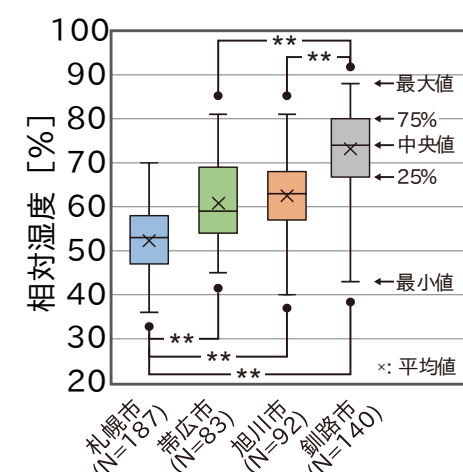


図 5-3-5. アンケート回答時の相対湿度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

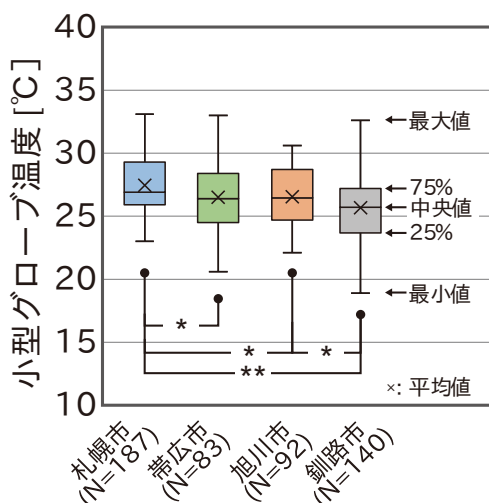


図 5-3-6. アンケート回答時の小型グローブ温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

5-3-3. アンケートの結果

本研究の回答者は、全ての都市で女性の方が多く、年代も都市により違いがある。また一般に、性別により温熱環境に対する認知に差があることが指摘されているが、本研究では回答者数の関係から、性別等の回答者属性を分けずに分析を行なった。

(1) 想像温度の結果

図 5-3-7 に各都市の想像温度を示す。想像温度の平均は、札幌市が 26.1°C、帯広市が 25.4°C、旭川市が 26.3°C、釧路市が 24.3°C であり、札幌市と釧路市で 1.8°C の差があった。また釧路市の想像温度は、札幌市・旭川市よりも有意に低い。これは、釧路市の空気温度が両都市よりも有意に低いことが影響していると考えられる。7 日間平均気温の最高値の上位（札幌市と旭川市）、中位（帯広市）、下位（釧路市）のうち、上位と下位で有意な差が認められたことから、都市の外気温度の違いが想像温度に影響を与える可能性が示唆された。想像温度の最高は、札幌市と帯広市が 33°C であり、旭川市より 1°C、釧路市より 3°C 高い。

次ページ図 5-3-8 と表 5-3-2 に想像温度と空気温度の関係を示す。想像温度と空気温度の相関係数は、想像温度と空気温度のそれぞれに対して有意水準 p を 0.05 と定めて実施した Shapiro-Wilk 検定の結果、正規性が認められなかったため ($p < 0.001$)、Spearman の順位相関係数を求めた。想像温度と空気温度の間には全ての都市で正の相関がある。特に札幌市以外の 3 都市では、想像温度と空気温度の相関係数が 0.79~0.93 となり、強い正の相関がある。このことは、第 2 章でレビューを行なった既往研究と相違ない結果が得られたと言える。

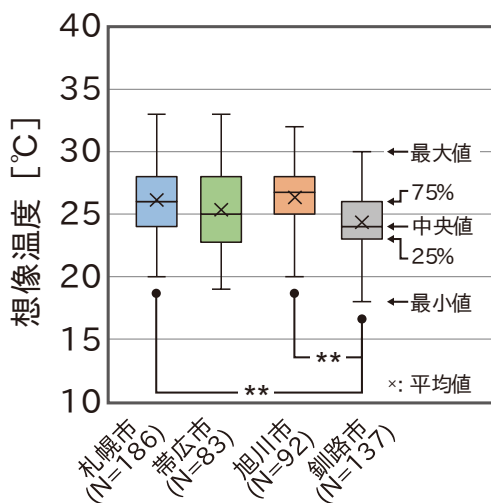


図 5-3-7. 想像温度の結果 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

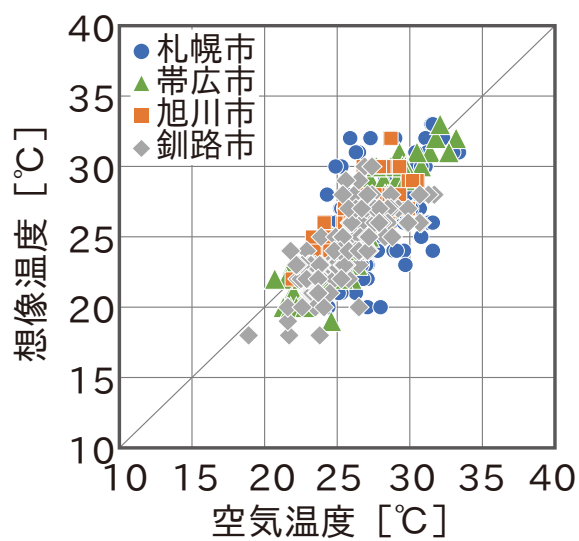


図 5-3-8. 想像温度と空気温度の関係

表 5-3-2. 想像温度と空気温度の関係

	N	回帰式	Spearman の 順位相関係数	p 値
札幌市	186	$T_{cog} = 0.71T_a + 6.7$	0.53	$p < 0.001$
帯広市	83	$T_{cog} = 1.07T_a - 2.8$	0.93	$p < 0.001$
旭川市	92	$T_{cog} = 0.91T_a + 2.2$	0.84	$p < 0.001$
釧路市	137	$T_{cog} = 0.83T_a + 3.0$	0.79	$p < 0.001$

※ T_{cog} : 想像温度, T_a : 空気温度

(2) 心理量の結果

図 5-3-9 に各都市の寒暑感を示す。暑い側の申告は全ての都市で約 40～50%あり、また、全ての都市で「とても暑い」申告がある。一方、寒い側の申告は全ての都市で約 30～40%あるが、これは2021年8月9日以降に外気温度の最高気温が低下した影響が考えられる。なお、「寒い」申告は帯広市でのみ申告があった。また、例えば札幌市と釧路市では、空気温度の平均値が 1.8K の差があったが、「やや暑い」から「とても暑い」までの申告の割合がほとんど変わらない。空気温度などの物理量に違いがあっても、寒暑感申告は全ての都市で似た傾向を示していた。これは他の心理量でも同様の結果が得られた。

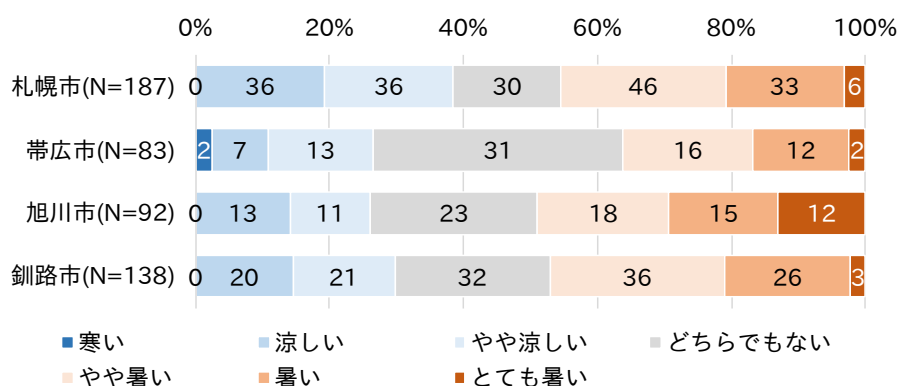


図 5-3-9. 寒暑感申告の結果

図 5-3-10 に各都市の体熱感を示す。「やや熱さを感じる」～「とても熱さを感じる」までの体熱感申告は、旭川市が他の都市より約 14～17 ポイント高い。また「とても熱さを感じる」申告は旭川市が約 14%で最も多い。なお旭川市以外では「熱さを感じない」が約 50%である。

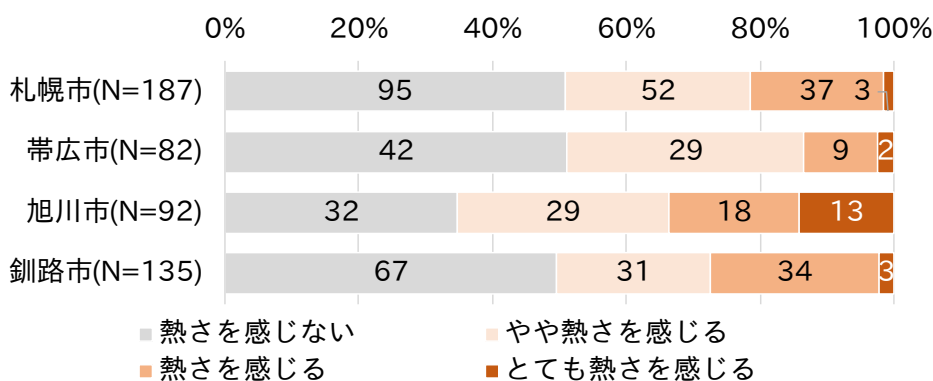


図 5-3-10. 体熱感申告の結果

図 5-3-11 に各都市の快不快感を示す。「快適（心地良い）」申告は、釧路市が約 28%で他の都市より約 9～15 ポイント低い。また「不快」申告は、札幌市、旭川市、釧路市で 20%を超えているが、帯広市では約 12%と他の都市よりも約 8 ポイント以上低い。なお「不快でない」申告は全ての都市で最も多い。

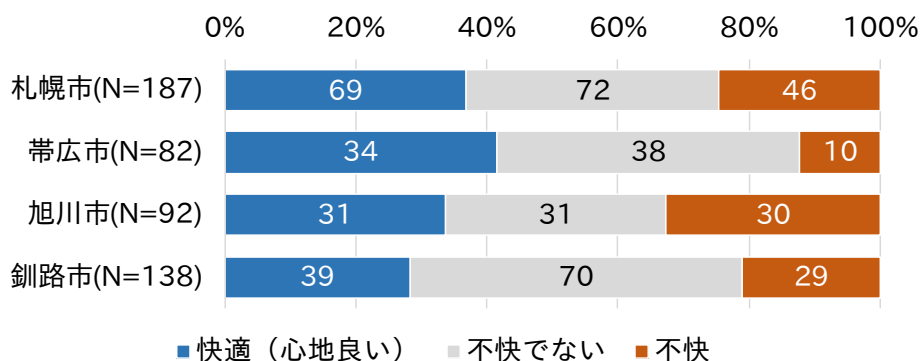


図 5-3-11. 快不快感申告の結果

図 5-3-12 に各都市の気流感を示す。「やや気流を感じる」から「とても気流を感じる」までの気流を感じている申告は札幌市で約 60%と最も多いが、帯広市では約 28%であり、札幌市より約 32 ポイント低い。なお気流感は、窓開けによる通風を感じている場合や、扇風機やファン、エアコンといった機器による風を感じている場合が考えられる。

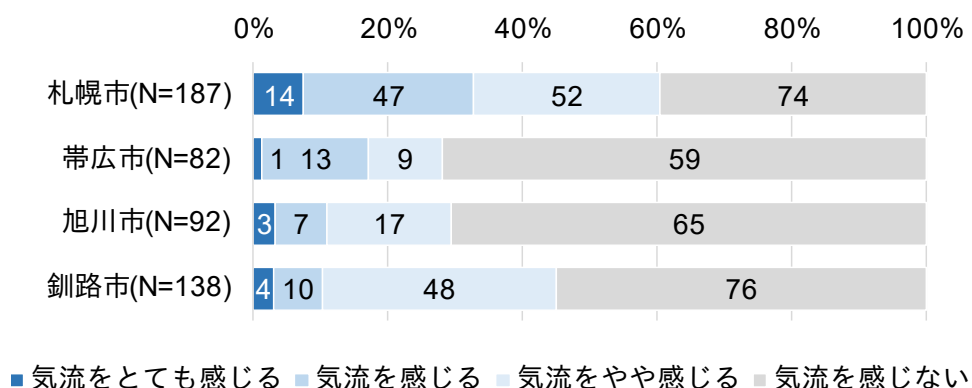


図 5-3-12. 気流感申告の結果

図 5-3-13 に各都市の発汗感を示す。「汗をかいている」申告は全ての都市で 30~40%であるが、旭川市で約 40%であり他の都市よりもやや多い。

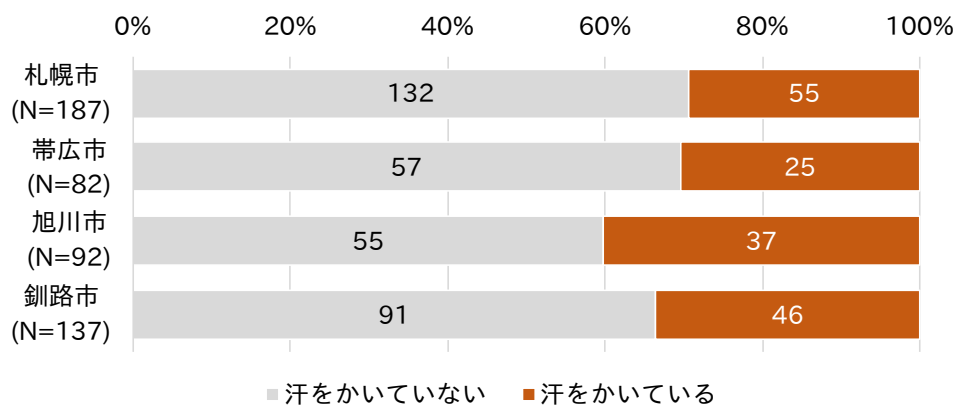


図 5-3-13. 発汗感申告の結果

図 5-3-14 に各都市の許容度を示す。「受け入れられる」申告は全ての都市で約 80~90%であり、多くの場合、温熱環境に対して許容できていた。なお、旭川市では「受け入れられない」申告が約 22%であり、帯広市や釧路市よりも約 10 ポイント高い。

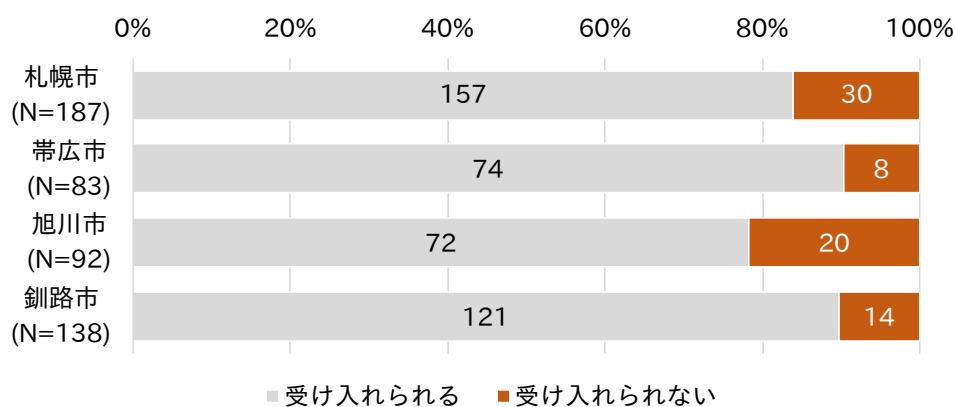


図 5-3-14. 許容度申告の結果

(3) 環境調整行動の結果

アンケート回答時に実施していた環境調整行動を表 5-3-3 に示す。環境調整行動のうち、「軽装をしている」申告は全ての都市で半数以上であり、また「飲み物を飲む」申告も全ての都市で比較的多く行われている。着衣の調整と水分補給により暑熱環境へ対策する環境調整行動が行なわれていることが分かった。

なお、アンケート回答時のエアコン使用率は札幌市で約 41%、帯広市で約 17%、旭川市で約 60%、釧路市で 0%である。エアコン使用がなかった釧路市では、「窓を開けている」や「扇風機を使用している」申告が他の都市よりも多い。

なお、エアコンの使用有無は、性別や活動により影響することが指摘されている¹⁴⁹⁾。また本研究の対象とした4都市のエアコン普及率は、札幌市が 27.0%、帯広市が 48.8%、旭川市が 34.0%、釧路市が 5.3%であり、都市により差がある¹⁵⁰⁾。これらのことから、環境調整行動の違いには、回答者属性やエアコン普及率などが影響していると考えられる。

表 5-3-3. 環境調整行動の結果

	札幌市 (N=187)	帯広市 (N=83)	旭川市 (N=92)	釧路市 (N=138)
軽装をしている	72.7%	50.6%	92.4%	59.4%
飲み物を飲んでいる	45.5%	61.4%	50.0%	53.6%
エアコンを運転している	40.1%	16.9%	59.8%	0.0%
窓を開けている	39.0%	32.5%	35.9%	67.4%
窓を閉めている	37.4%	48.2%	45.7%	22.5%
扇風機をつけている	28.3%	21.7%	17.4%	35.5%
カーテンを閉めている	14.4%	4.8%	12.0%	0.7%
その他	11.2%	2.4%	0.0%	3.6%
回答なし	1.6%	0.0%	0.0%	0.7%

5-4. 心理量別の想像温度に関する分析

ここでは、想像温度と心理量の関係を明らかにするために統計的検定を行なう。また心理量別の空気温湿度、小型グローブ温度も併せて示し、想像温度の特徴や有用性を明確化する。なお統計的検定は、まず、有意水準 p を 0.05 と定めて Kruskal-Wallis 検定を行ない、有意水準が $p < 0.05$ となったことを確認した後、有意水準 p を 0.05 と定めた Steel-Dwass 法による多重比較検定を行なった。検定の結果は図中に示す。

5-4-1. 快不快感別の想像温度・物理量

快不快感別の想像温度を図5-4-1に示す。全ての都市で、「不快」と「不快でない」、「不快でない」と「快適」、「不快」と「快適」の全ての組み合わせで有意差が認められ、「不快」から「不快でない」、「快適」へと快不快感が変化するにつれて、想像温度が有意に低くなることが明らかになった。このことから、第3章の被験者実験に加え、実生活においても「不快でない」状態は存在しており、またこれは想像温度によって評価可能なことが示された。なお、「不快でない」申告時の想像温度の中央値は、札幌市・帯広市で26.0°C、旭川市で27.0°C、釧路市で24.0°Cであり、釧路市が他の都市よりも2~3°C低く、「不快でない」申告時の想像温度には地域差があることが明らかになった。

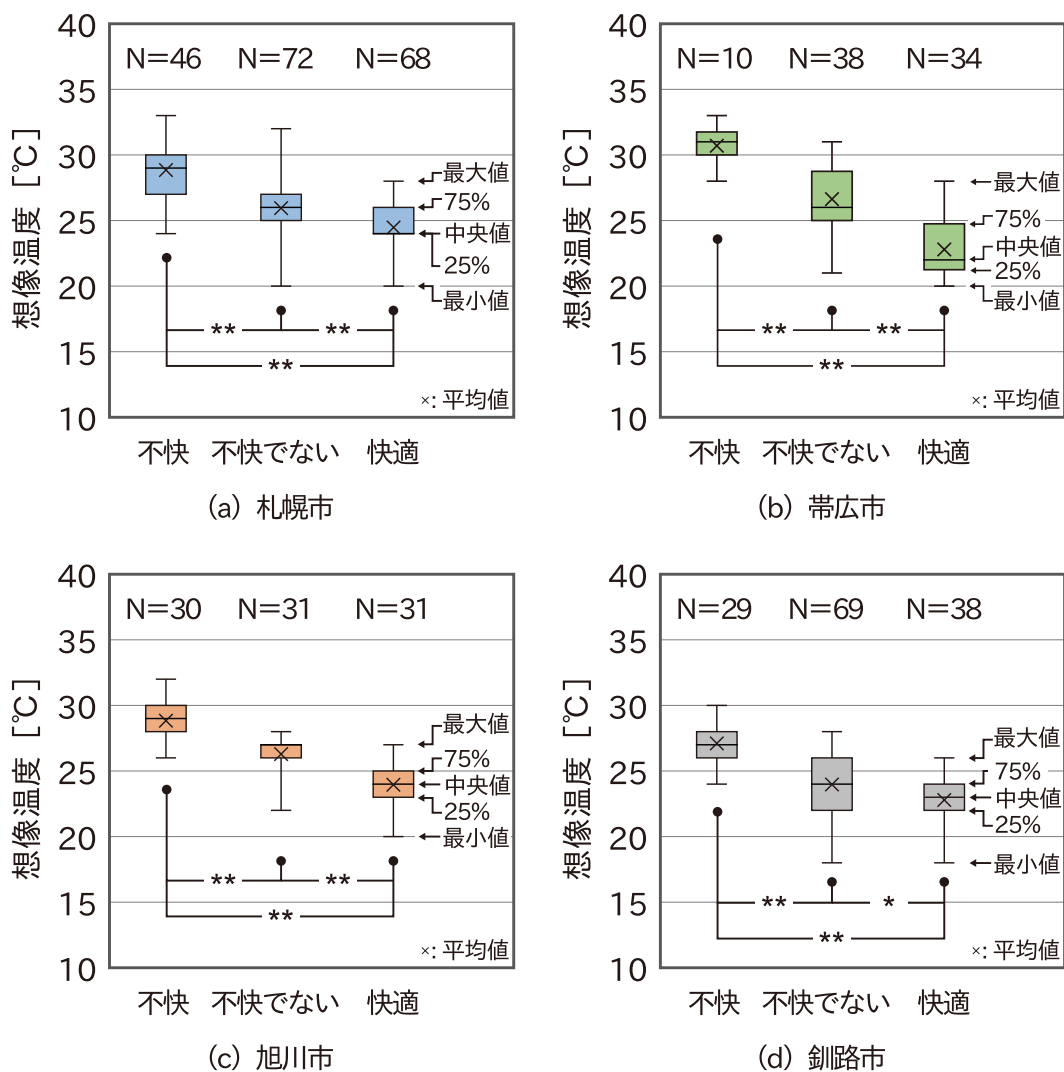


図5-4-1. 快不快感別の想像温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

快不快感別の空気温度を図 5-4-2 に示す。想像温度の場合とほぼ同様であるが、札幌市の「不快でない」と「快適」の間で有意差が認められなかった。これは、「不快でない」状態は、空気温度ではその存在を明確化できない場合があることを示唆する。本研究では「住みこなし」のためには「不快でない」状態を認知することが必要と考えているが、そのためには空気温度ではなく、想像温度に着目する必要があることが明らかになった。

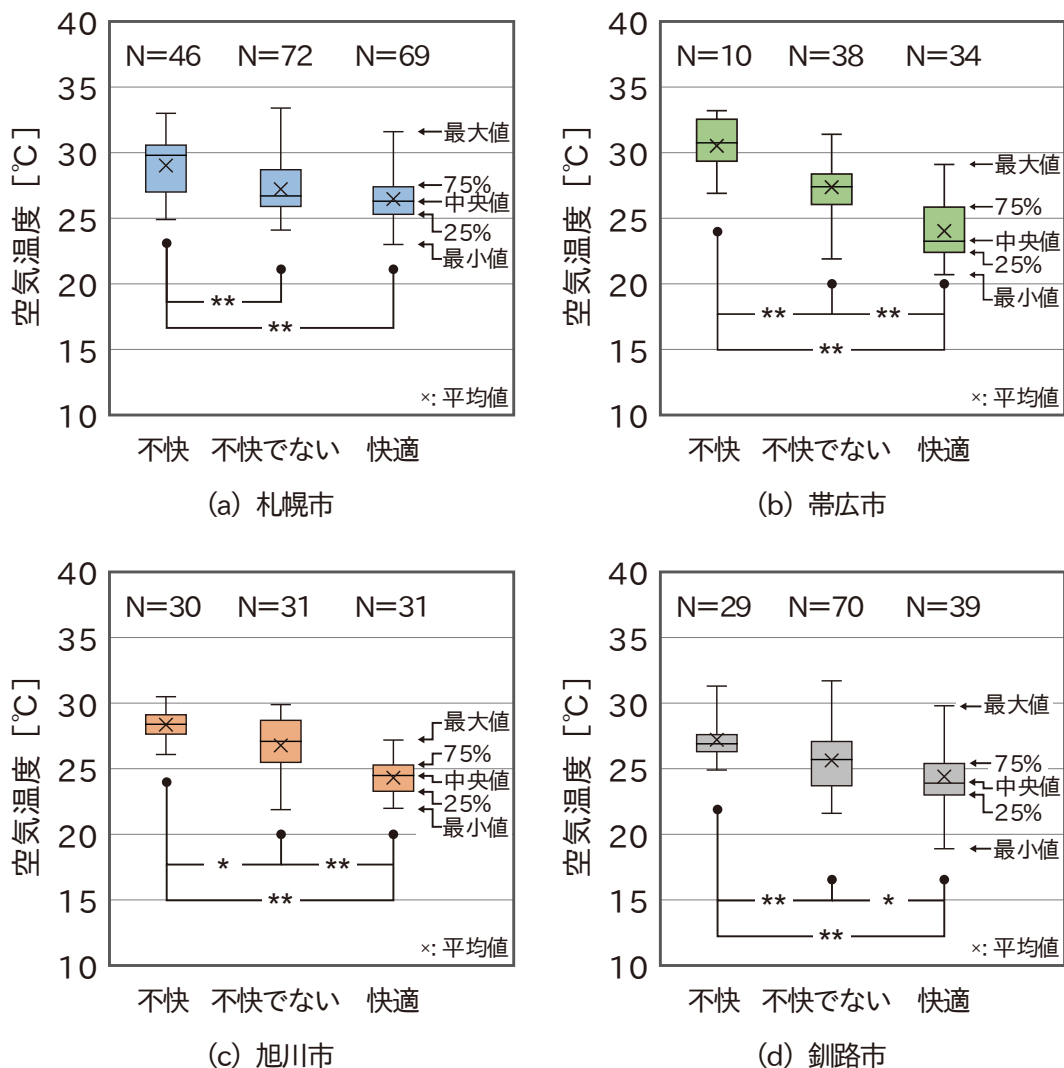


図 5-4-2. 快不快感別の空気温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

快不快感別の相対湿度を図 5-4-3 に示す。相対湿度では、全ての都市、全ての快不快感の組み合わせで有意差が認められなかった。

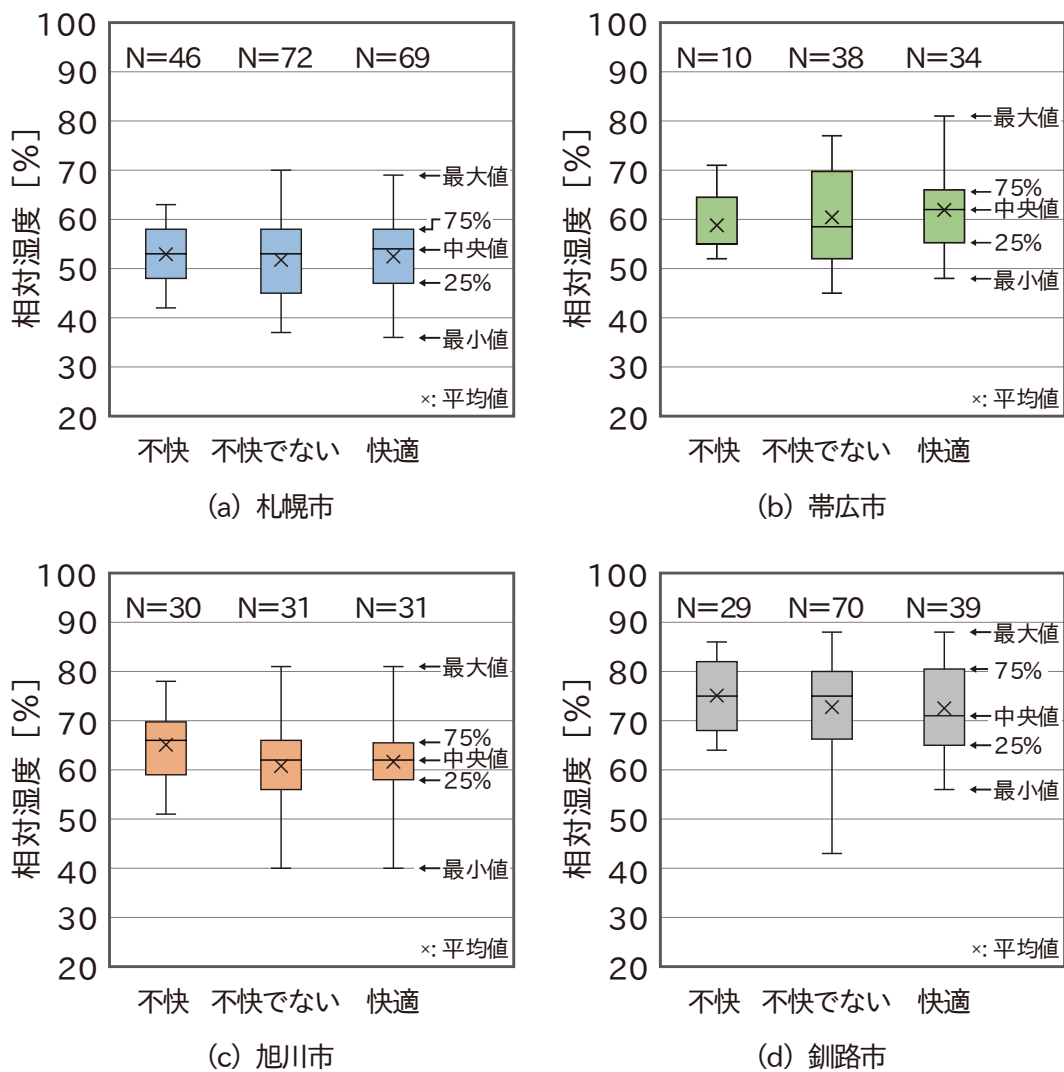


図 5-4-3. 快不快感別の相対湿度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

快不快感別の小型グローブ温度を図 5-4-4 に示す。統計的検定の結果は、空気温度の結果と同じであり、札幌市の「不快でない」と「快適」の間で有意差が認められなかった。これは、空気温度と同様に、「不快でない」状態は小型グローブ温度ではその存在を明確化できない場合があることを示唆している。

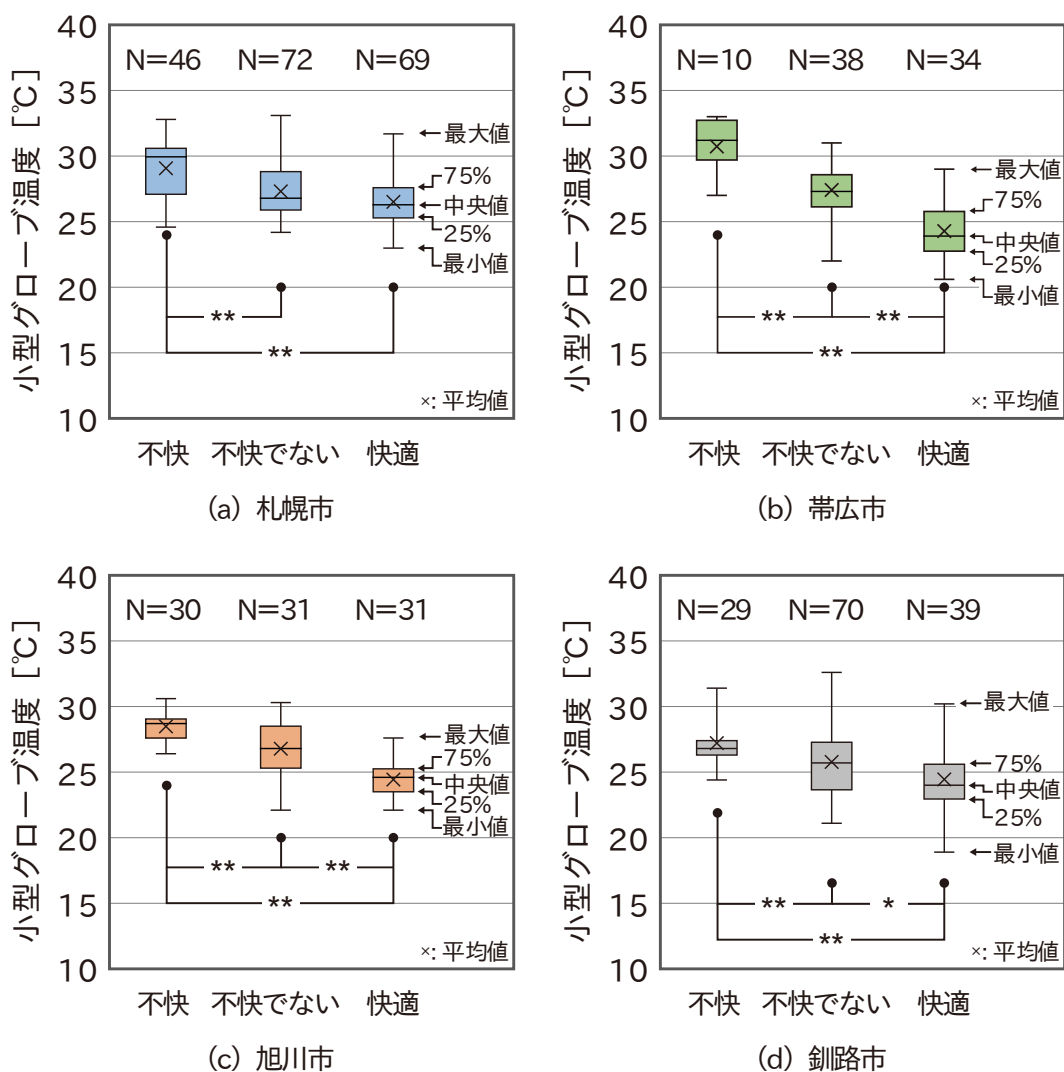


図 5-4-4. 快不快感別の小型グローブ温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

第3章では、被験者実験の結果から、「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態が存在することを統計的検定により明らかにした。この被験者実験は、冬季かつ非定常条件下において実施した。他方、本章では、北海道内4都市における夏季の住宅を対象に調査を行っており、すなわち、実生活における心理量を取得している。想像温度と快不快感の関係を統計的検定により分析した結果、「不快」と「不快でない」、「不快でない」と「快適」、「不快」と「快適」のいずれの場合でも有意差が認められた。このことから、被験者実験のみならず、実生活においても、「不快でない」状態が存在することが明らかになった。そのため、図1-1-3で示した仮説を検証できたと考えられる。

「不快でない」申告時の想像温度は、旭川市以外では最高と最低の差が「不快」と「快適」よりも大きかった。「不快でない」状態は従来の快不快感の概念のうち、「やや不快」や「やや快適」も含む可能性が考えられる。

また、「不快でない」申告時の想像温度の中央値は、札幌市・帯広市で26.0°C、旭川市で27.0°C、釧路市で24.0°Cであり、釧路市は札幌市・帯広市・旭川市よりも2~3°C低かった。本研究では、対象都市を外気温度の7日間平均気温の最高値に着目し、上位として札幌市と旭川市、中位として帯広市、下位として釧路市を選定した。このことから、7日間平均気温の最高値が下位の都市では、上位・中位の都市よりも「不快でない」申告時の想像温度の中央値が低くなる可能性が示唆された。さらにこのことから、「不快でない」申告時の想像温度には地域差があることが明らかになった。なお、地域差の詳細な検討は後述の「5-4-7. 想像温度と心理量の分析のまとめ」において、他の心理量と併せて考察する。

他方、空気温度、小型グローブ温度は札幌市の「不快でない」と「快適」で、相対湿度は全ての都市、全ての快不快感の組み合わせで有意差が認められなかった。このことから、物理量である空気温度や相対湿度、小型グローブ温度では、快不快感のうち、「不快でない」状態を明確に評価できない場合があることが示された。すなわち、ヒトが「不快でない」状態を認知するためには、想像温度が有用であることが明らかになった。

本研究では、「住みこなし」は、ヒトが自ら「不快でない」状態を作り出して住まうことで実現が図られると整理している。第2章、第3章と本章の結果を踏まえると、「住みこなし」の実現のためにはヒトの想像温度が活用可能と考えられるが、想像温度の具体的な活用方法を検討する必要があると考えられる。

第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握

ここで、中村ら³⁶⁾は、夏季の札幌市において大学生を対象とした調査を行っており、その中で想像温度と快不快感の分析を行なっている。中村らは、快不快感のアンケートに、第1章の図1-1-2に示した7段階尺度を用いているため、快不快感のうち「どちらでもない」を取得している。さらに、統計的な検定は行なっていないが、本章と同様に快不快感別の想像温度の分布を箱ひげ図により確認している。そこで、「不快でない」と「どちらでもない」申告時の想像温度を比較することで、「不快でない」に関する考察を深めることができると考えた。

中村らの結果から、「どちらでもない」申告時の想像温度は、その範囲が約22～30℃であり、また平均値・中央値がそれぞれ約26.5℃、27℃であった。一方で、本研究で得られた結果（図5-4-1(a)）は、想像温度の範囲が約20～32℃であり、また平均値・中央値がともに26℃である。このことから、「不快でない」申告時の想像温度が「どちらでもない」申告時よりもその幅が広くなり、さらに平均値・中央値ともに低くなることが示唆された。

なお、既往研究では想像温度の申告時に空気温度の確認をさせており、本章とは申告条件が異なる。そのため、この考察が確実なものとは言えないが、「不快でない」状態下でのとりうる想像温度の範囲が「どちらでもない」よりも広い可能性を示すことが示唆された。

5-4-2. 寒暑感別の想像温度・物理量

寒暑感は、「寒い」、「涼しい」、「やや涼しい」を寒冷側、「やや暑い」、「暑い」、「とても暑い」を暑熱側の申告とし、これに「どちらでもない」を含めた3群に分けて集計して分析を行なった。寒暑感別の想像温度を図5-4-5に示す。旭川市と釧路市では、「寒冷」から「どちらでもない」、「暑熱」へと申告が変化するにつれて、想像温度が上昇することが明らかになった ($p<0.01$)。これは、第3章で実施した冬季の被験者実験でも同様の結果が得られた。

なお、札幌市と帯広市では、「寒冷」と「どちらでもない」に有意差が認められなかったが、それらと「暑熱」との間には有意差が認められた。このことから、地域によらず暑熱側の申告時には想像温度が有意に高くなることが示された。

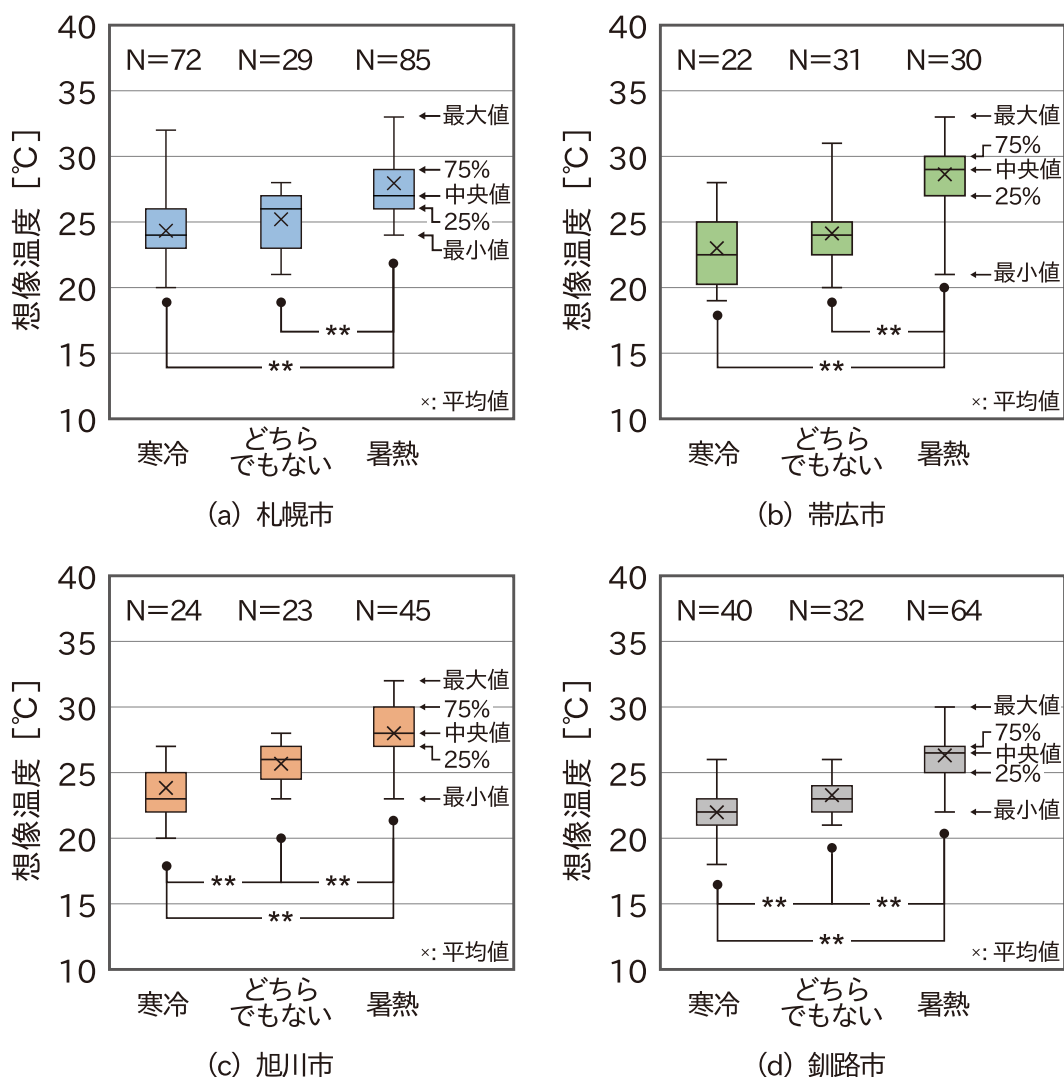


図5-4-5. 寒暑感別の想像温度 (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

寒暑感別の空気温度を図 5-4-6 に示す。想像温度の場合とほぼ同様であるが、釧路市において、「寒冷」と「どちらでもない」申告で有意差が認められず、想像温度の結果と差異があった。このことから、寒暑感の評価において、想像温度は空気温度よりもそれらの差を明確に評価できる可能性がある。

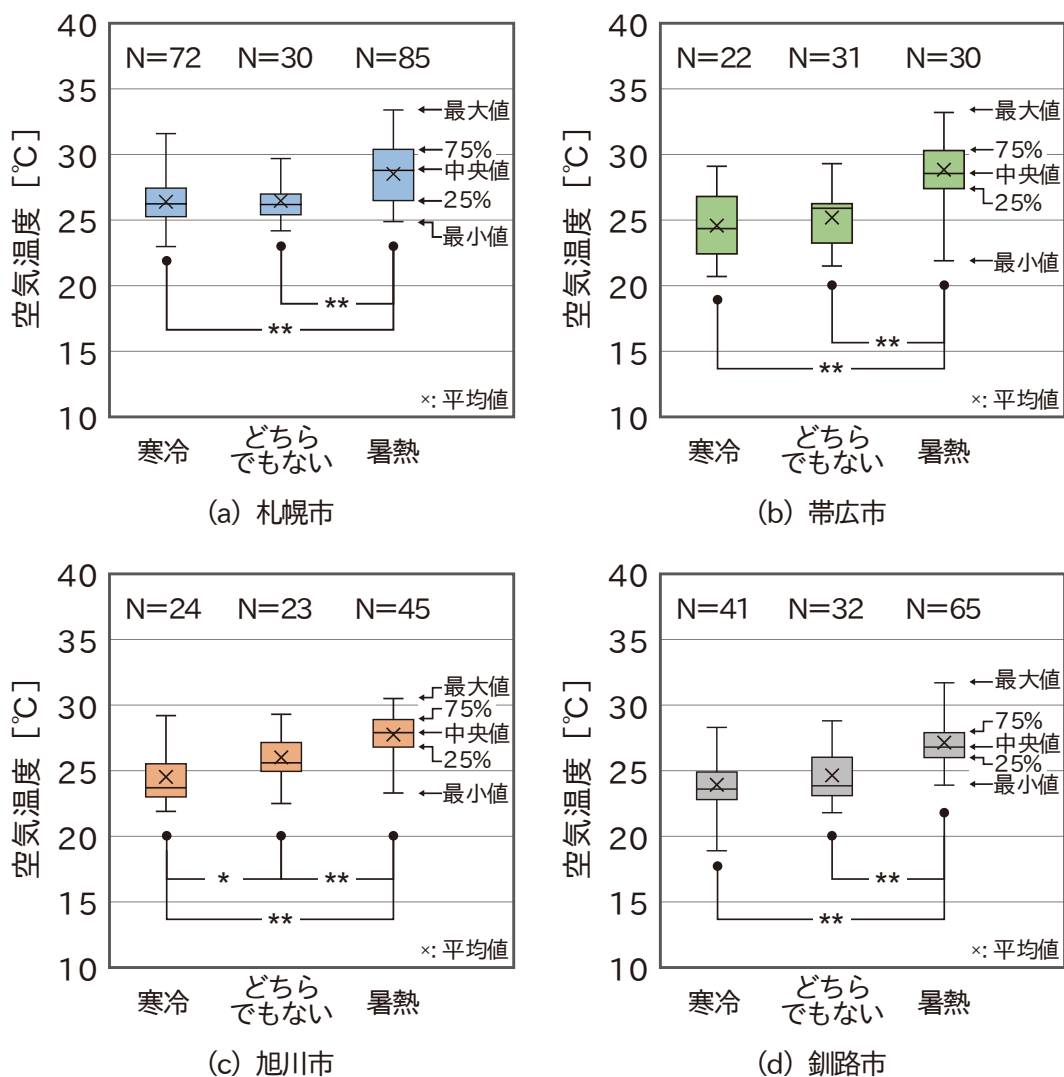


図 5-4-6. 寒暑感別の空気温度 (*: p<0.05、**: p<0.01)

寒暑感別の相対湿度を図 5-4-7 に示す。相対湿度では、ほとんどの場合で有意な差が認められない。唯一、釧路市において、「寒冷」と「暑熱」申告で有意差が認められたが、中央値の差は 10 ポイントもない。なお既往研究では、湿度は寒暑感に影響しないことも示されており(例えば 151)、本研究では同様の結果が得られたと考えられる。

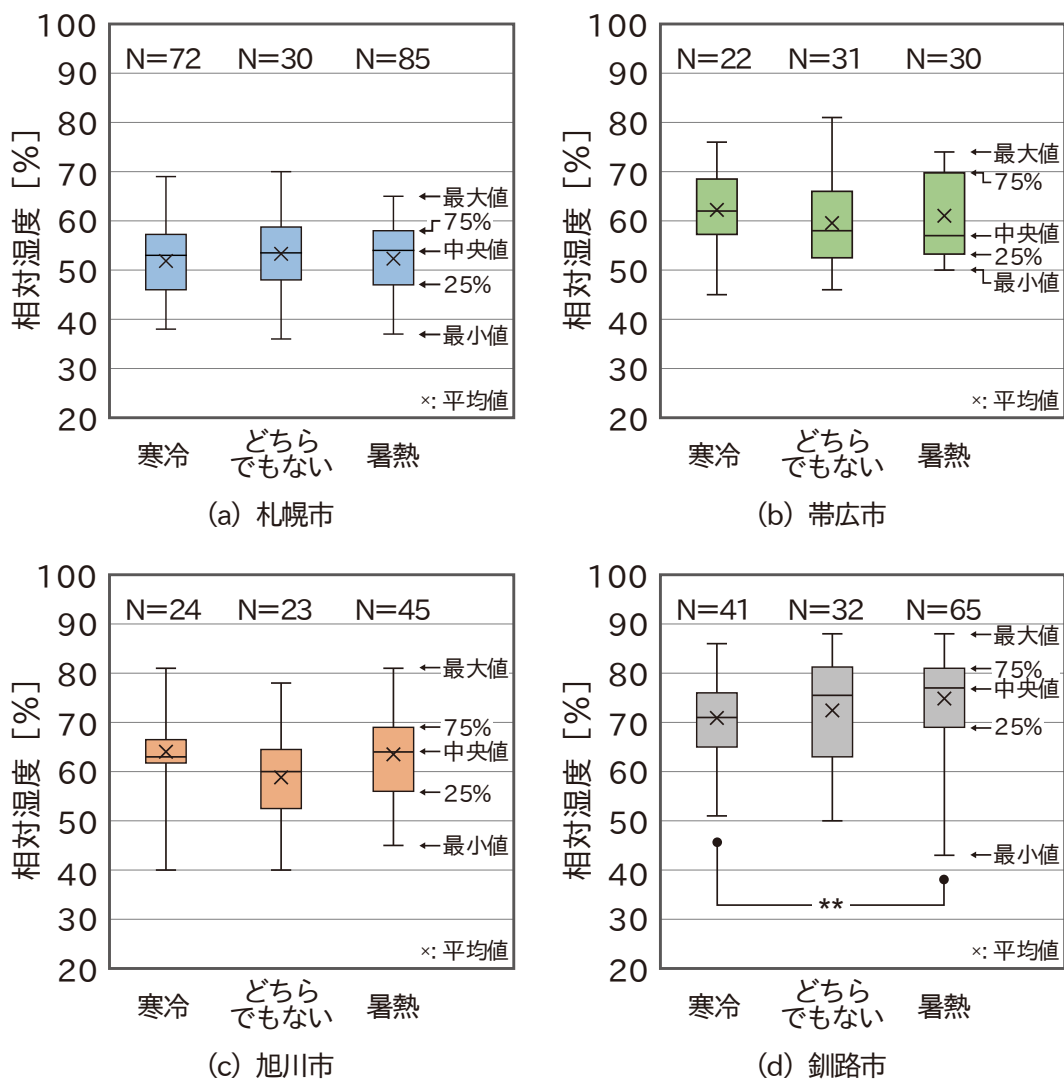


図 5-4-7. 寒暑感別の相対湿度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

寒暑感別の小型グローブ温度を図 5-4-8 に示す。統計的検定の結果は、空気温度の結果と同じであり、札幌市・帯広市・釧路市の「寒冷」と「どちらでもない」の間の小型グローブ温度には有意差が認められなかった。

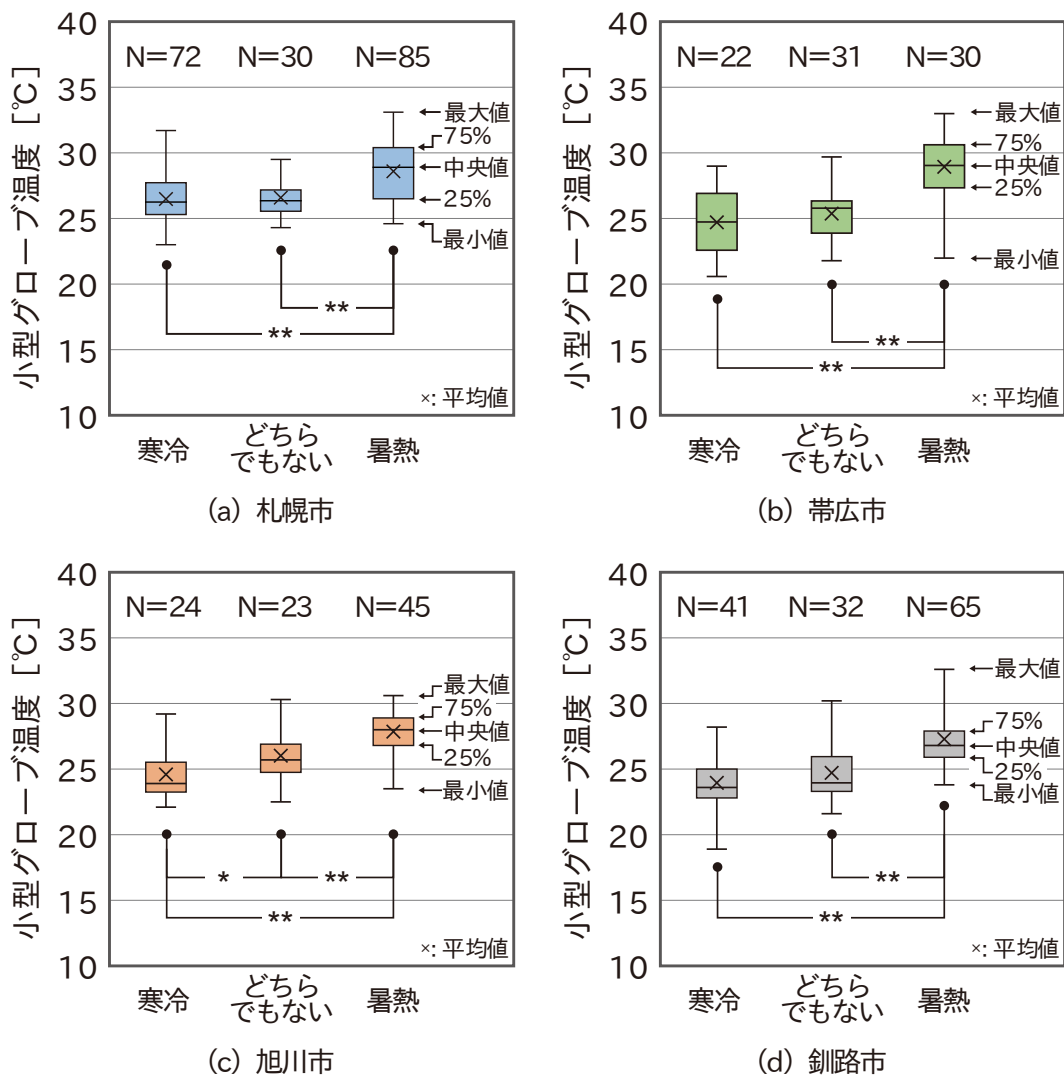


図 5-4-8. 寒暑感別の小型グローブ温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

第3章の被験者実験では、寒暑感を同様に3群に分けて想像温度を集計し、統計的検定を行ない、全ての組み合わせで有意差が認められた。しかし、実生活下では、「寒冷」と「どちらでもない」の間に有意差が認められない場合があった。これは、調査期間が平年よりも暑かったため、わずかな温度の低下であっても「寒冷」側または「どちらでもない」の申告をした可能性が考えられる。

なお、全ての都市で、「暑熱」側申告時の想像温度は、「寒冷」や「どちらでもない」よりも有意に高かった。このことは、中村ら^{34~37)}の結果とも矛盾しない。これらのことから、「暑熱」側申告時の想像温度は「寒冷」や「どちらでもない」申告時よりも高くなるという関係性は、地域によらず当てはまる普遍性を有する可能性が示唆された。

また、「暑熱」側申告時の想像温度の中央値は、札幌市と釧路市が27.0°C、帯広市が29.0°C、旭川市が28.0°Cであり、最大で2.0°Cの差が見られた。「不快でない」申告時の想像温度と比較すると、都市の気候による明確な違いは見受けられないが、暑さを感じる想像温度に差があることは明らかになった。

5-4-3. 体熱感別の想像温度・物理量

体熱感は、「熱さを感じない」を体熱感無、「やや熱さを感じる」、「熱さを感じる」、「とても熱さを感じる」を体熱感有の申告として2群に分けて集計し、分析を行なった。なお、2群の心理量の統計的検定は、有意水準 p を0.05と定めてKruskal-Wallis検定を行っており、多重比較検定は行っていない。体熱感別の想像温度を図5-4-9に示す。全ての都市で、体熱感無よりも体熱感有のときに、想像温度が有意に高いことが明らかになった ($p<0.01$)。

先述のとおり、寒暑感は身体周囲の暑さ寒さ、体熱感は身体内部の熱さである。図5-4-5の結果と併せると、暑さまたは熱さを感じている場合の想像温度は、暑さまたは熱さを感じていない場合よりも有意に高くなることが明らかになった。このことから、想像温度は身体周囲の暑さだけでなく、身体内部の熱さも評価できる可能性が明らかになった。

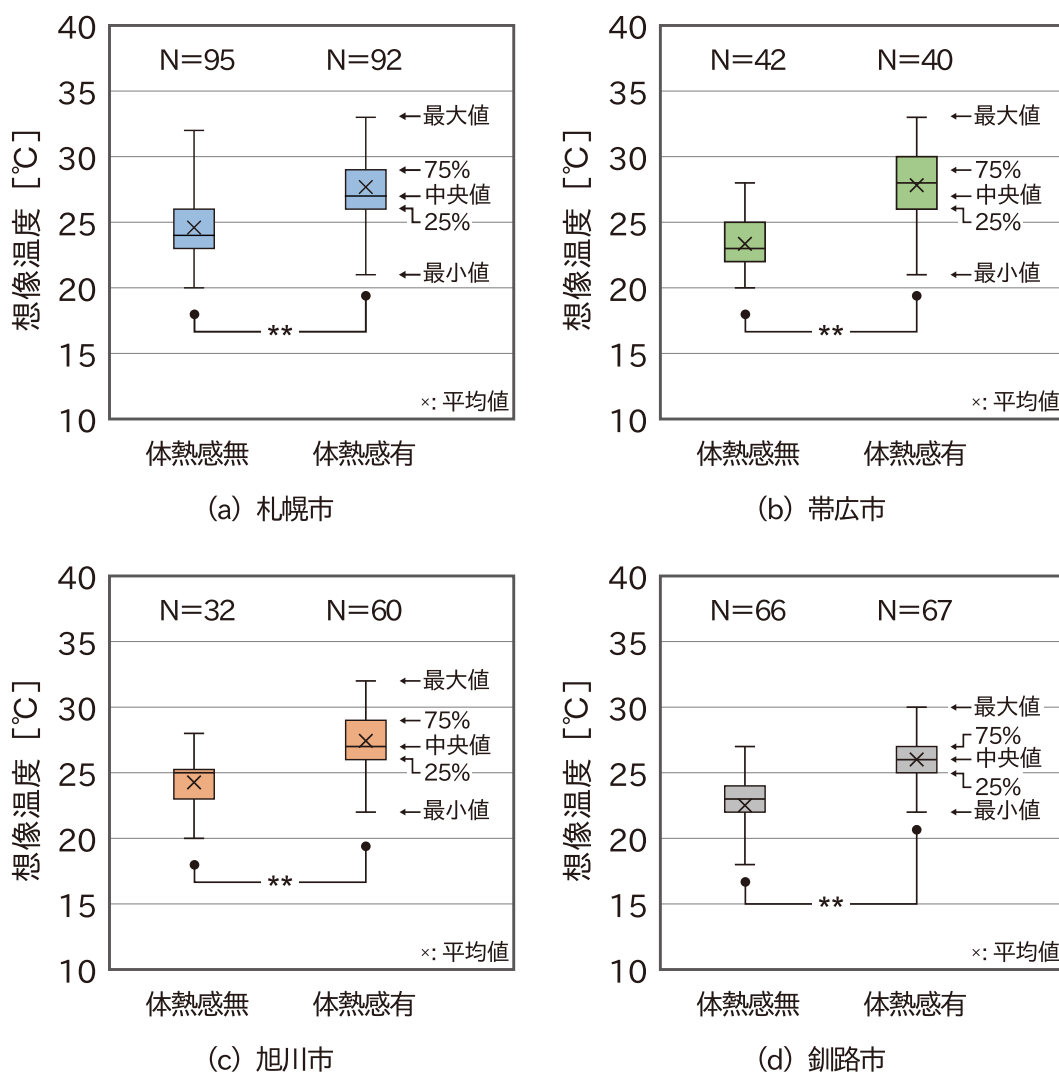


図5-4-9. 体熱感別の想像温度 (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握

体熱感別の空気温度を図5-4-10に示す。統計的検定の結果は、想像温度の結果と同じであった。このことから、ヒトは空気温度の上昇に伴い、身体内部で熱さを感じるようになった。また、第2章や表5-3-1でも明らかになったとおり、想像温度と空気温度は正の相関を有するため、図5-4-9の分析は矛盾しない結果であったと考えられる。

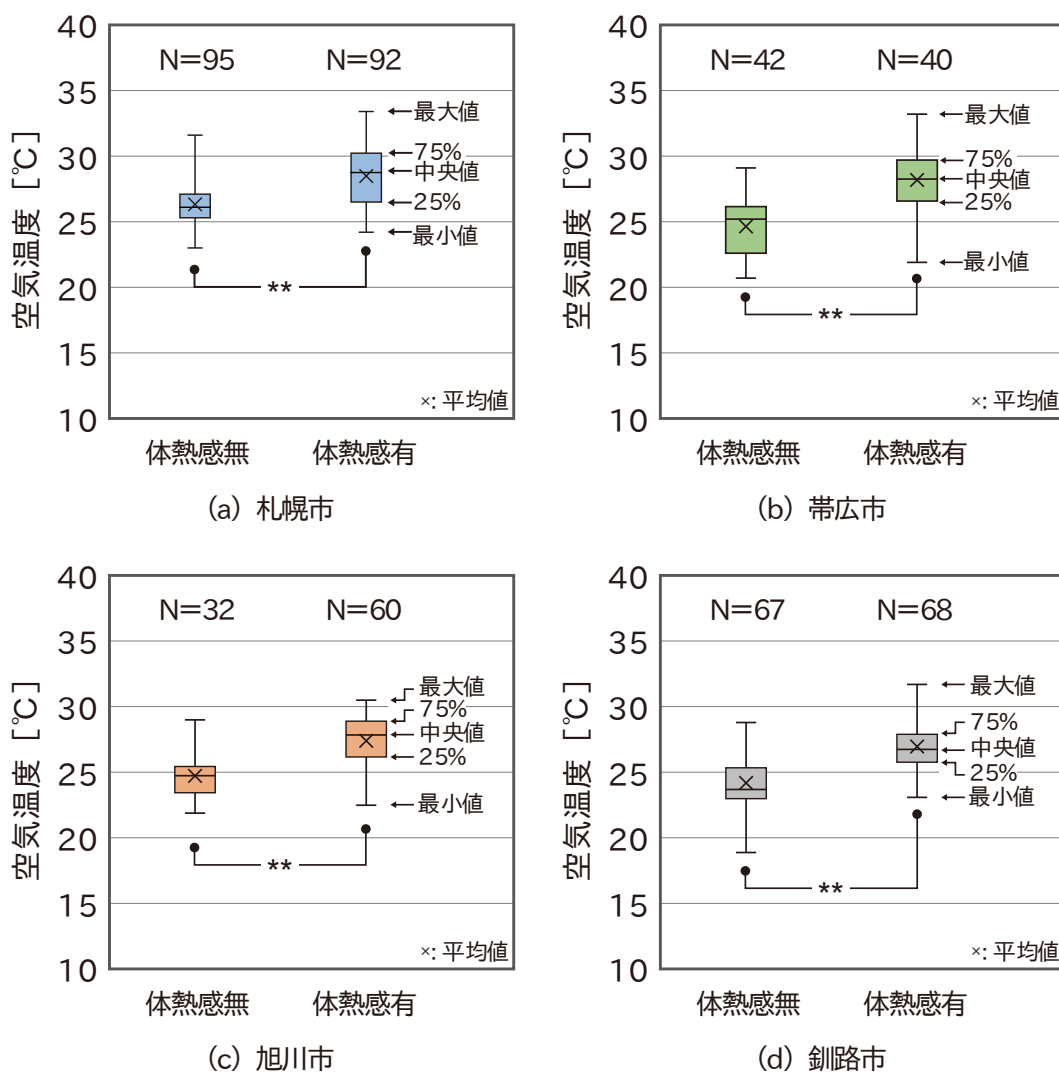


図5-4-10. 体熱感別の空気温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

体熱感別の相対湿度を図5-4-11に示す。相対湿度では、ほとんどの場合で有意な差が認められない。唯一、釧路市において有意差が認められたが ($p<0.01$)、中央値の差は10ポイント未満である。

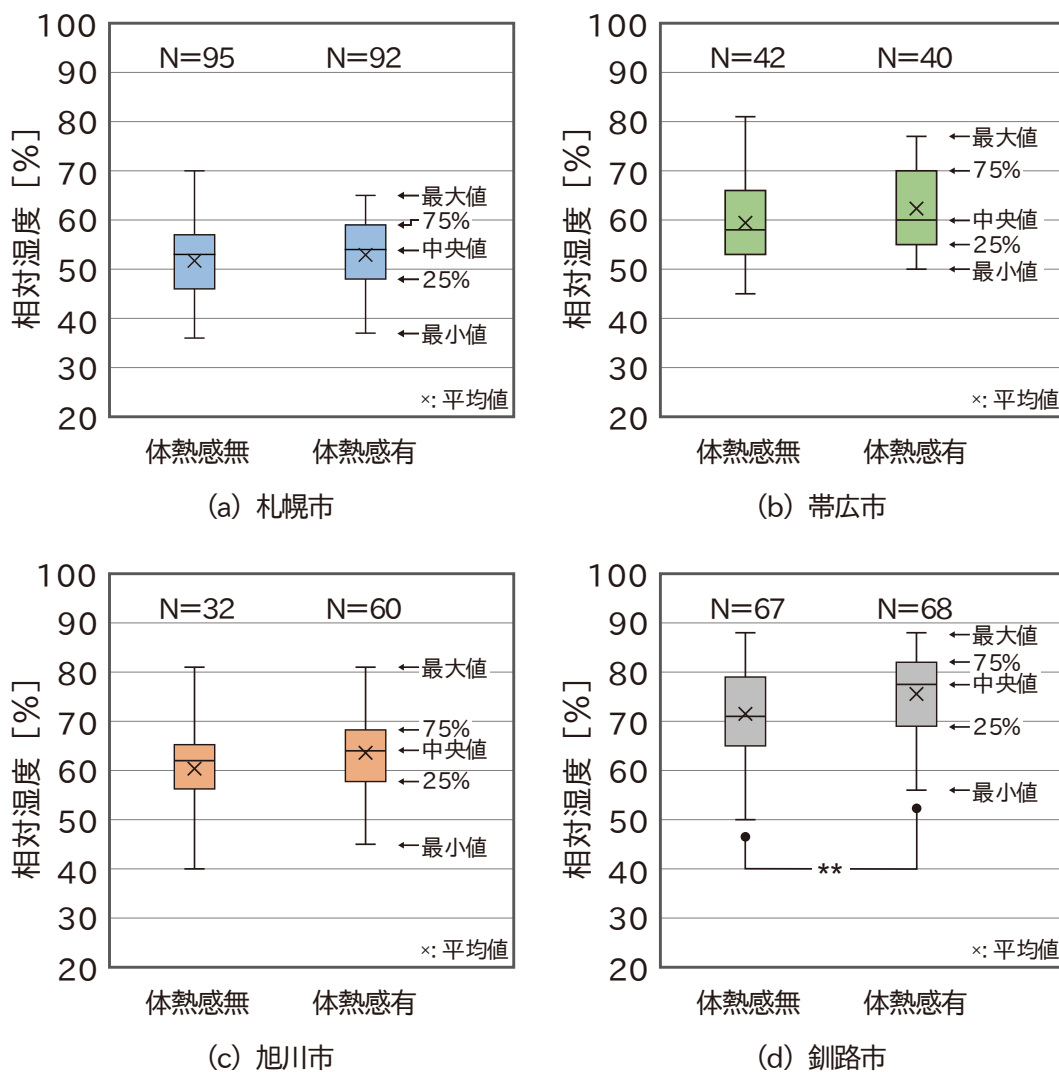


図5-4-11. 体熱感別の相対湿度 (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

体熱感別の小型グローブ温度を図5-4-12に示す。統計的検定の結果は、想像温度・空気温度の結果と同じである。

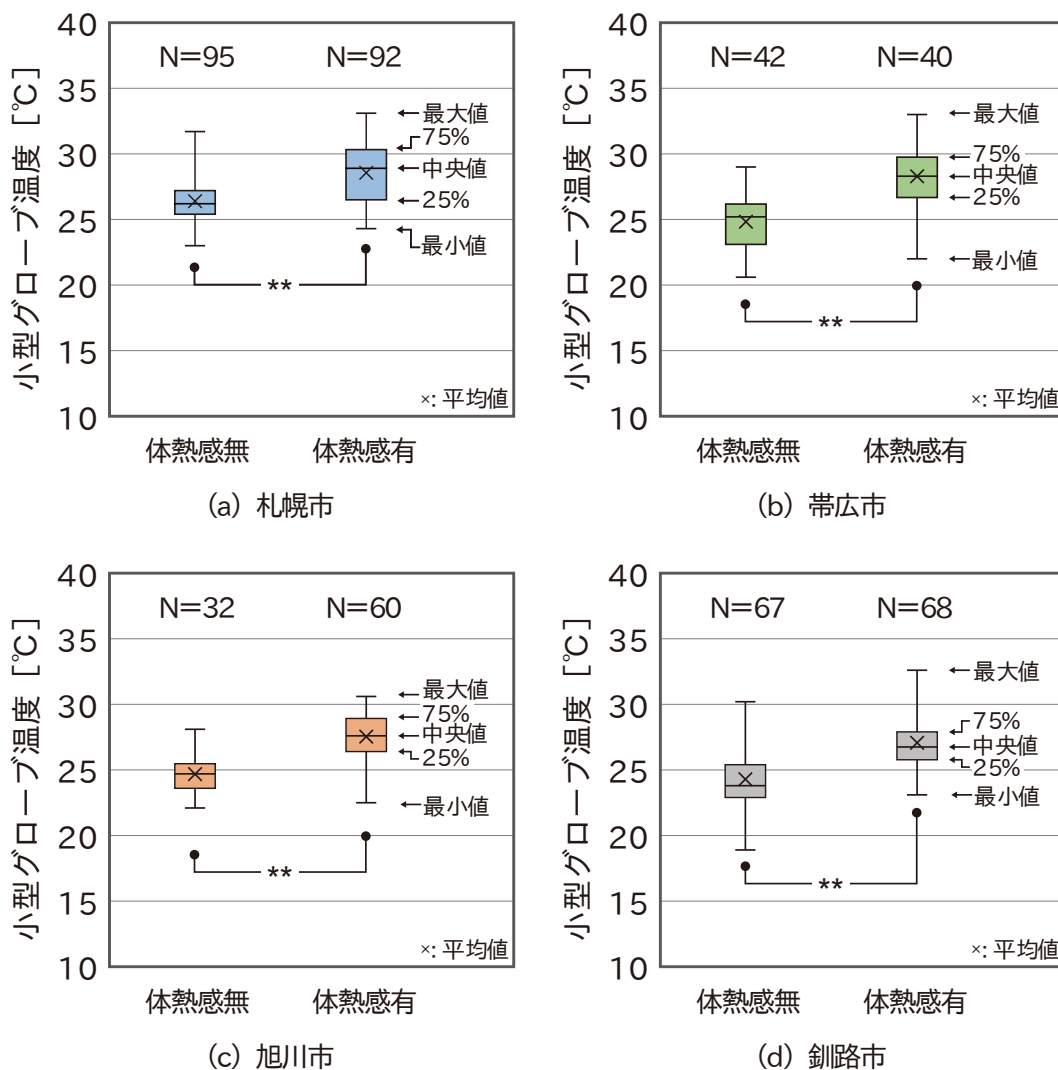


図5-4-12. 体熱感別の小型グローブ温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

体熱感は、建築環境工学ではまだ使用されていない心理量であるが、想像温度や空気温湿度、小型グローブ温度との関係を整理できたと考えられる。体熱感は身体内部の熱さであるため、例えば身体の深部体温の上昇により引き起こされる熱中症の予防に向けた住まい方、環境調整行動を行なう際の基準になる可能性が考えられる。

5-4-4. 気流感別の想像温度・物理量

気流感は、「やや気流を感じる」、「気流を感じる」、「とても気流を感じる」を「気流を感じる」とし、「気流を感じない」申告との2群に分けて集計し、分析を行なった。気流感別の想像温度を図5-4-13に示す。札幌市・帯広市・旭川市で有意差が認められた（札幌市で $p<0.05$ 、帯広市・旭川市で $p<0.01$ ）。一方で釧路市では有意差が認められなかった。札幌市と帯広市では、「気流を感じない」申告時の方が「気流を感じる」申告よりも想像温度の中央値が低い。すなわち、比較的涼しい場合には、窓開けや扇風機の利用等をしない住まい方を行っていないことが考えられる。一方で、旭川市では札幌市、帯広市の結果と逆になった。これは、旭川市ではエアコンの利用が他の都市よりもやや多いことが影響していると考えられる。

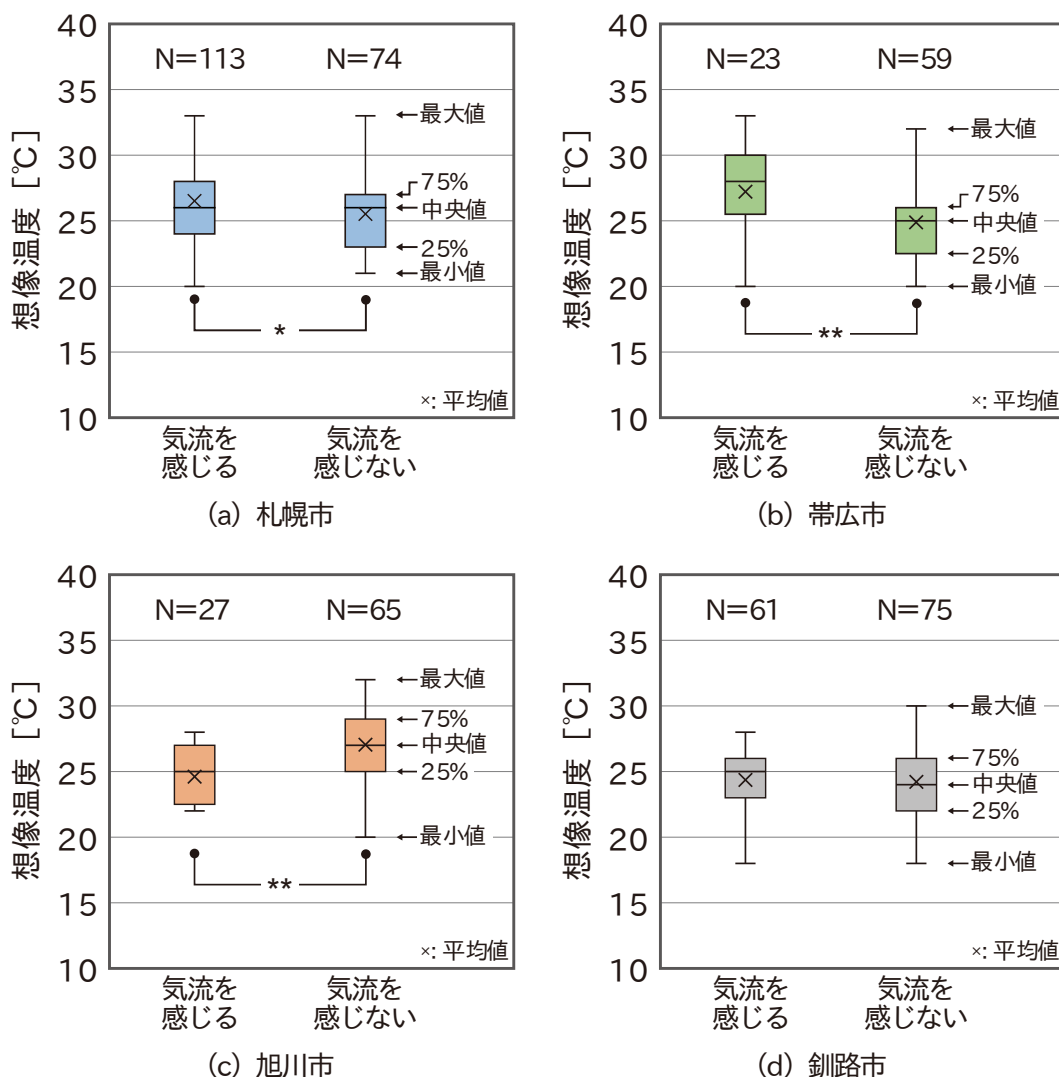


図5-4-13. 気流感別の想像温度 (*: $p<0.05$ 、**: $p<0.01$)

気流感別の空気温度を図5-4-14に示す。統計的検定の結果は、想像温度の結果と同じであった。想像温度の場合と同様に、札幌市と帯広市では、「気流を感じない」申告時の方が「気流を感じる」申告よりも空気温度の中央値が低い。すなわち、比較的涼しい場合には、窓開けや扇風機の利用等をしない住まい方を行っていないことが考えられる。一方で、旭川市では札幌市、帯広市の結果と逆になった。

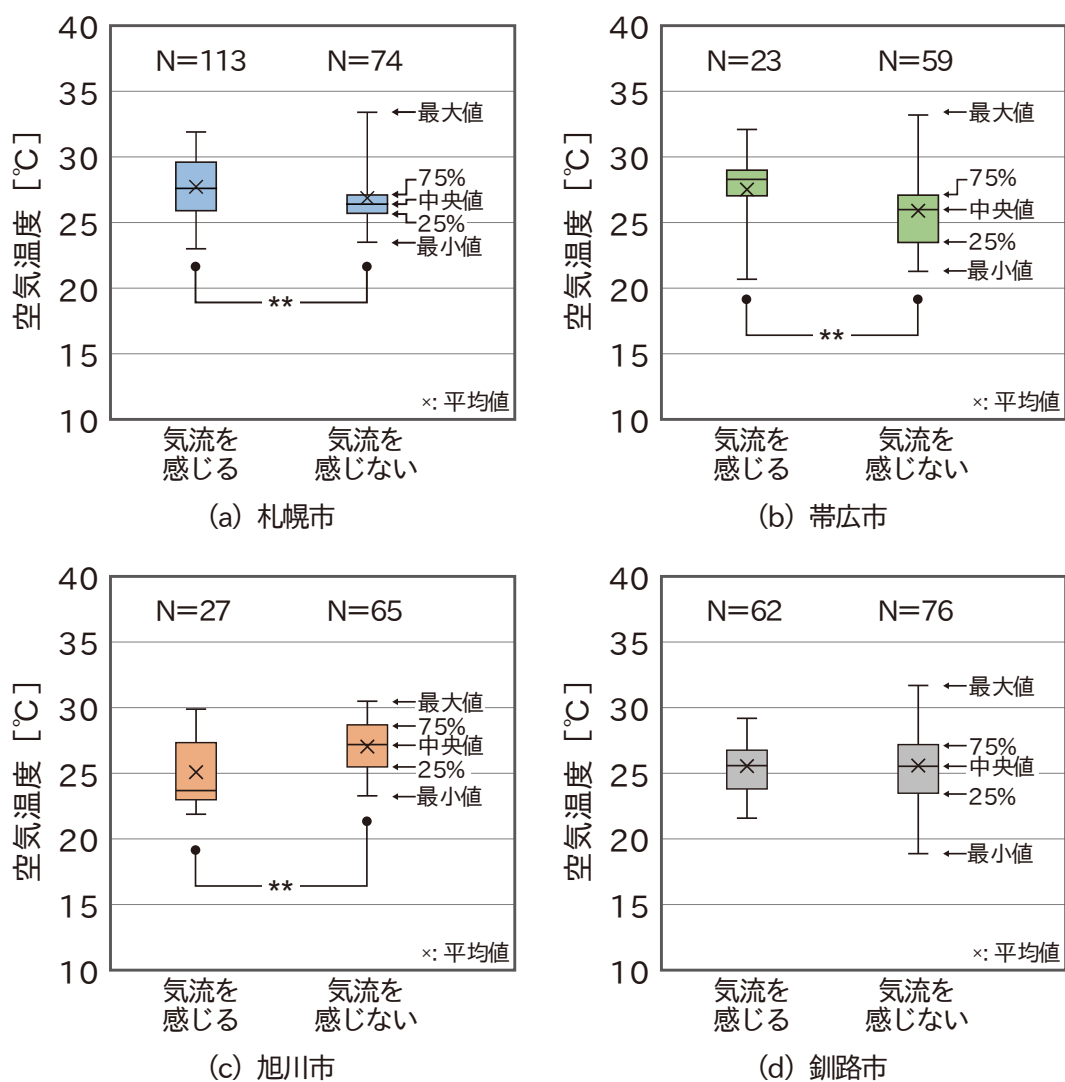


図5-4-14. 気流感別の空気温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

気流感別の相対湿度を図5-4-15に示す。相対湿度では、想像温度や空気温度の結果と異なり、全ての都市で有意差が認められた（札幌市： $p<0.05$ 、帯広市・旭川市・釧路市： $p<0.01$ ）。釧路市の環境調整行動は、エアコンの使用がなく、窓開けが他の都市よりもやや多い（表5-3-2）。そのため、窓開けや扇風機の使用により、気流を感じていると考えられるが、同時に外気の導入により相対湿度が上昇した可能性が考えられる。また旭川市は、「気流を感じる」ときの相対湿度が「気流を感じない」ときよりも有意に低い、これはエアコンの使用が影響していると考えられる。

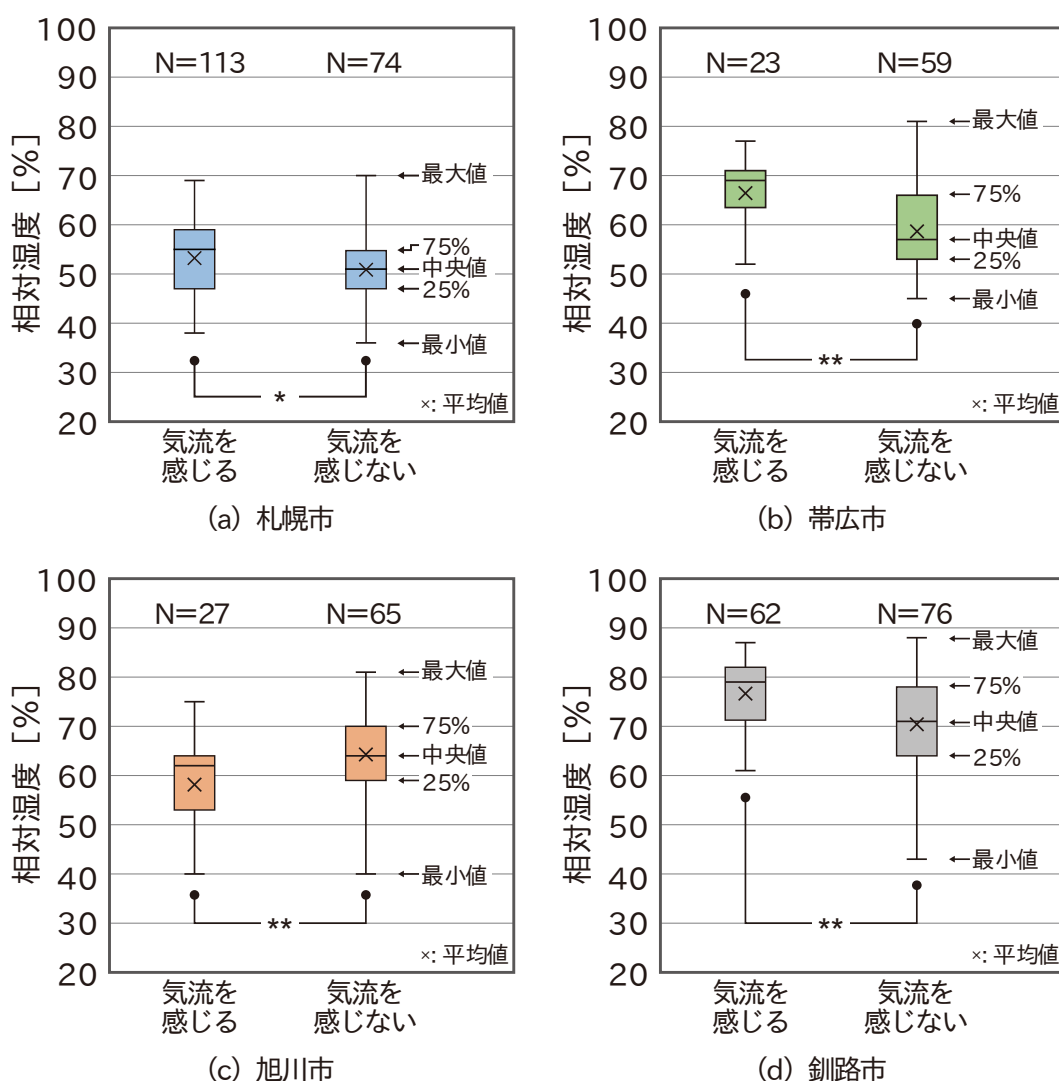


図5-4-15. 気流感別の相対湿度 (*: $p<0.05$ 、**: $p<0.01$)

気流感別の小型グローブ温度を図 5-4-16 に示す。統計的検定の結果は、想像温度・空気温度の結果と同じである。

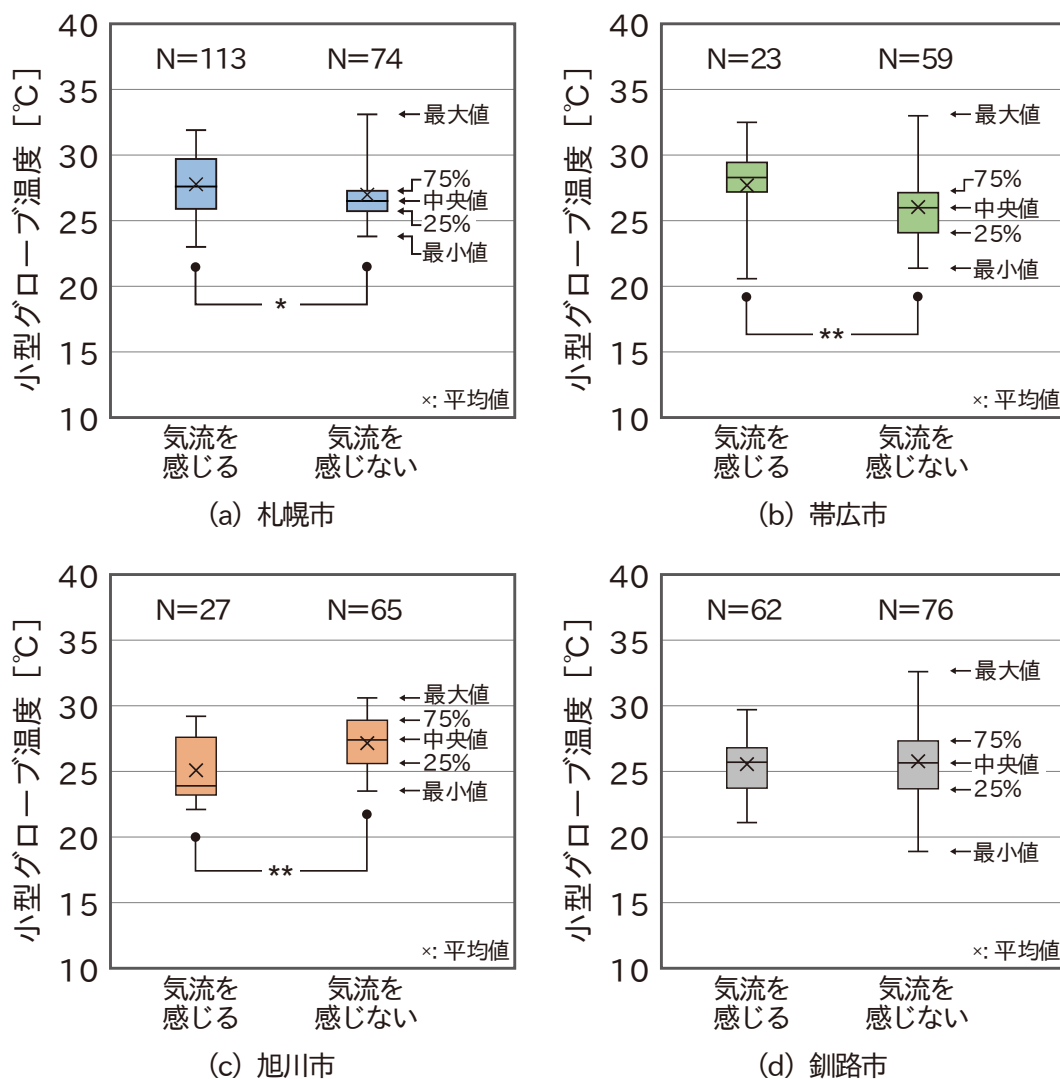


図 5-4-16. 気流感別の小型グローブ温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

想像温度と気流速度の関係について、三坂ら¹⁰⁰⁾は、夏季の屋外環境における被験者実験を行ない、想像温度は、気流速度が大きくなるにつれて SET*よりも高くなり、また、気流速度が小さいと SET*よりも低くなる関係性を明らかにしている。

本研究では、気流速度を計測しておらず、気流感のみを確認している。札幌市と帯広市の想像温度は、気流速度が高くなれば、すなわち気流感のうち「気流を感じる」申告時には、「気流を感じない」申告時よりも高く申告されていた。三坂ら¹⁰⁰⁾の研究は屋外の調査であることに留意する必要があるが、この結果と異なる。

また、旭川市の想像温度は、札幌市と帯広市の結果とは逆になり、「気流を感じる」申告時の方が「気流を感じない」申告時よりも低く、三坂ら¹⁰⁰⁾の結果と同様の傾向が示された。旭川市では、他の都市よりもエアコンの使用が多いことが影響している可能性が考えられる。

これらのことから、環境調整行動の違いにより想像温度の申告値に違いが生じる可能性が示唆された。このことは、さらなる分析が必要である。

5-4-5. 発汗感別の想像温度・物理量

発汗感別の想像温度を図 5-4-17 に示す。全ての都市で、2 群の間に有意差が認められた ($p<0.01$)。このことから、「汗をかいている」申告時の想像温度は、「汗をかいていない」申告時よりも高くなることが明らかになった。一般に発汗は、空気温度等の上昇により生じるヒトの生理的な反応であるため、本研究で得られた結果は、生理的にも矛盾しない結果となった。また併せて、廣谷ら^{32,91)}とも同様の結果が得られた。「汗をかいている」申告時の想像温度の中央値は、札幌市と旭川市で 28.0°C、帯広市で 30.0°C、釧路市で 27.0°C であり、発汗を認識し始める想像温度には最大で 3.0°C の差がある。

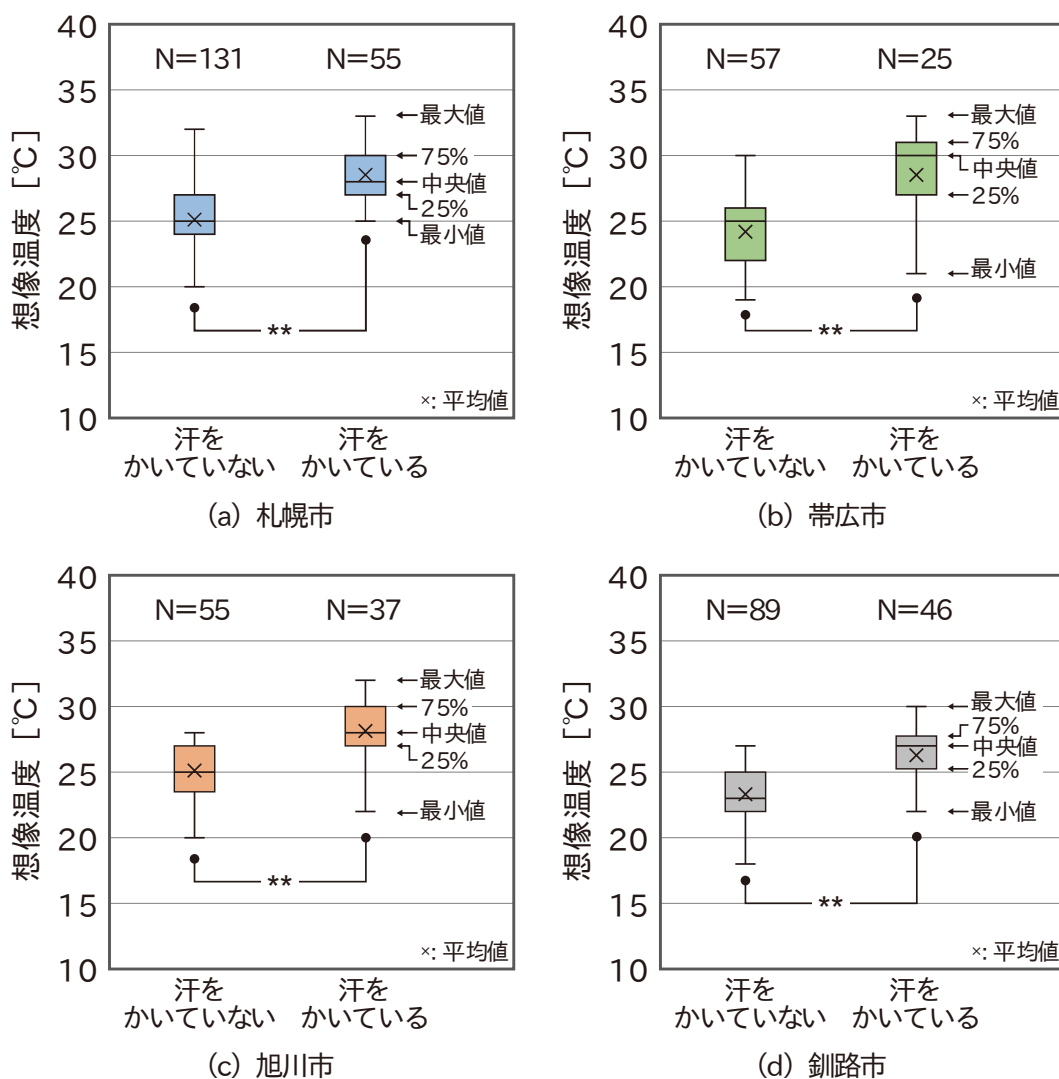


図 5-4-17. 発汗感別の想像温度 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

発汗感別の空気温度を図5-4-18に示す。統計的検定の結果は、想像温度の結果と同じであり、全ての都市で有意差が認められた ($p < 0.01$)。「汗をかいている」申告時の空気温度の中央値は、札幌市で29.0°C、帯広市で28.4°C、旭川市で28.1°C、釧路市で26.6°Cであり、発汗を認識し始める空気温度には最大で2.4Kの差がある。この差は、想像温度では3.0°Cであり、そのため、想像温度の方が空気温度よりも地域差を明確に表現できる可能性を示唆している。

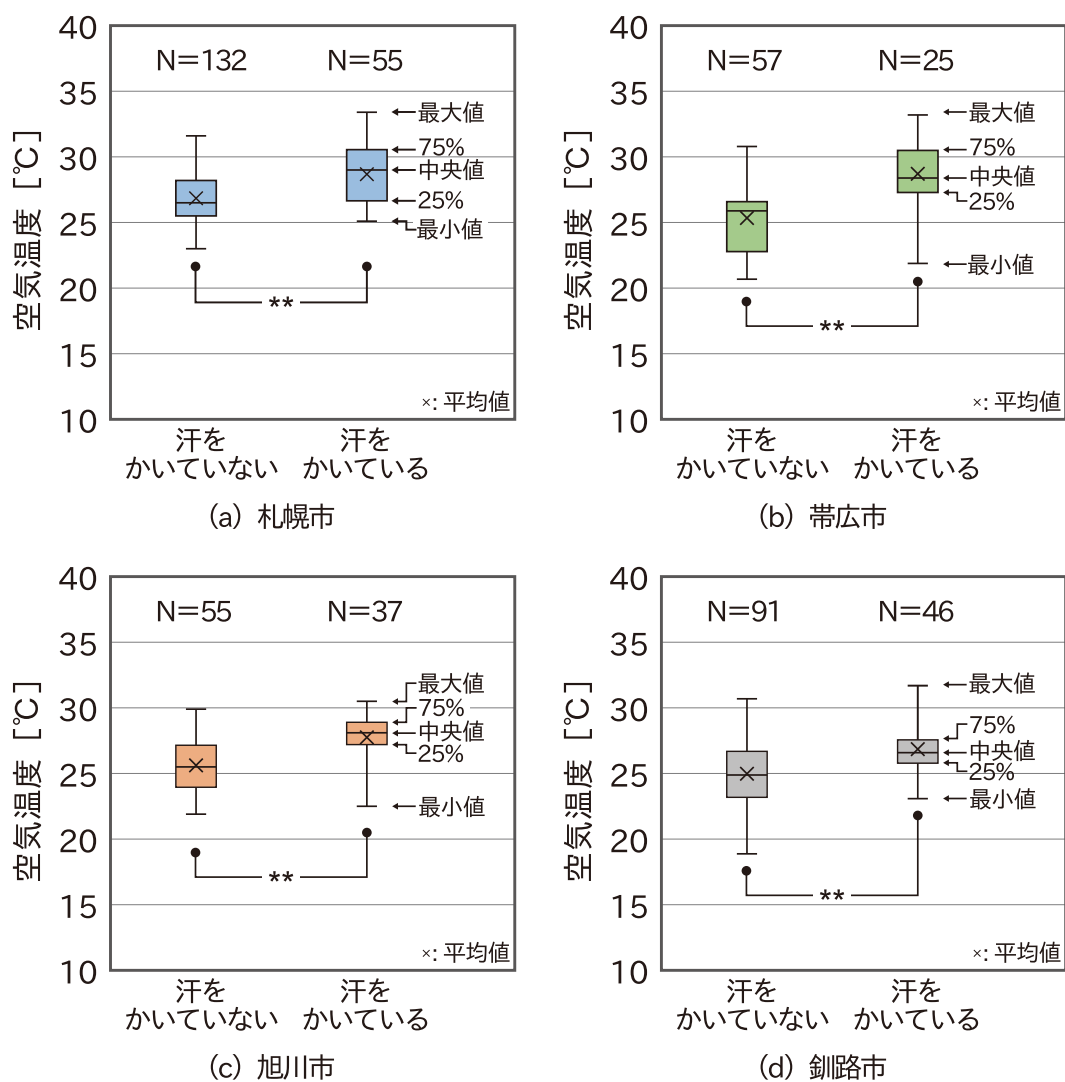


図5-4-18. 発汗感別の空気温度 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

発汗感別の相対湿度を図5-4-19に示す。相対湿度では、想像温度や空気温度の結果と異なり、帯広市でのみ2群の間に有意差が認められた ($p<0.05$)。

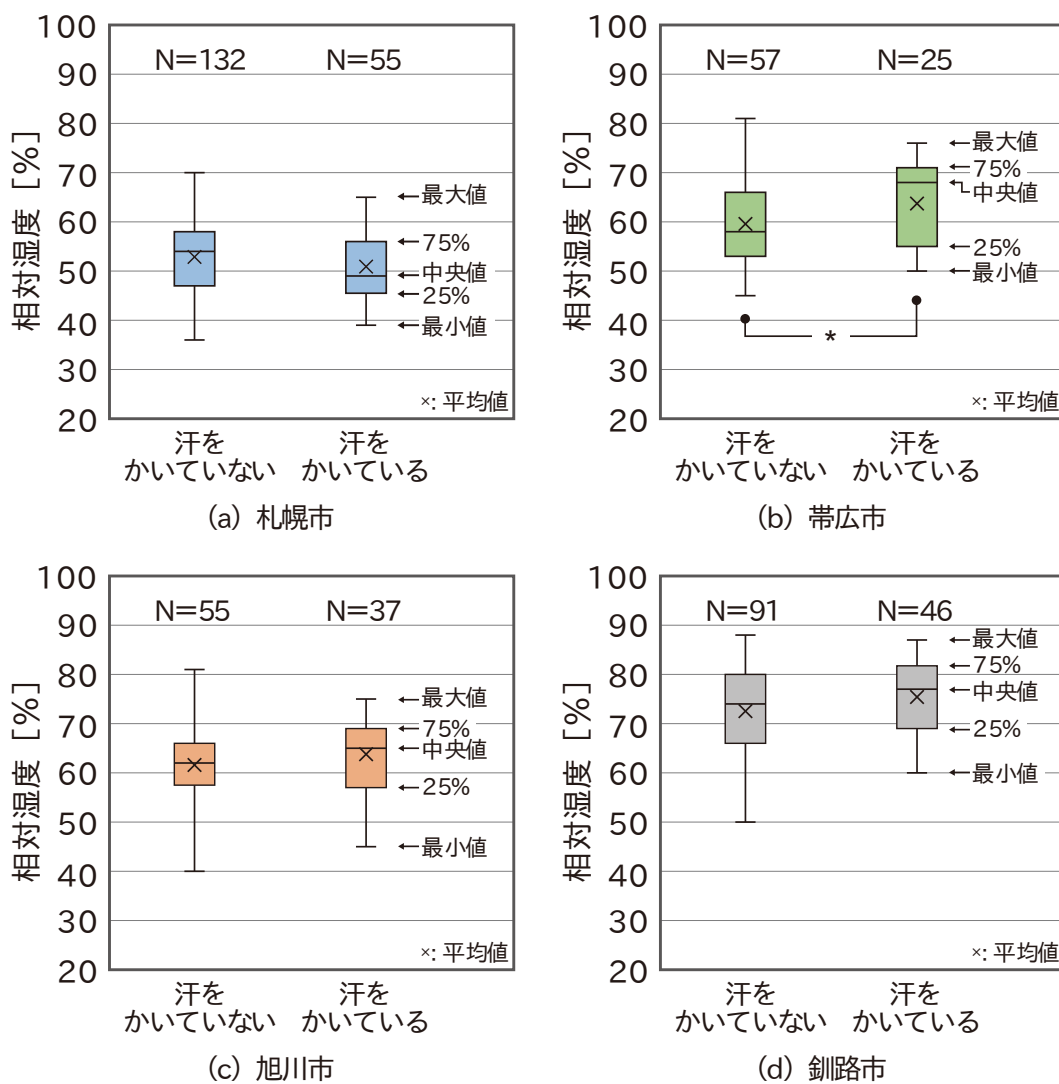


図5-4-19. 発汗感別の相対湿度 (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

発汗感別の小型グローブ温度を図5-4-20に示す。統計的検定の結果は、想像温度・空気温度の結果と同じで、全ての都市で有意差が認められた ($p<0.01$)。

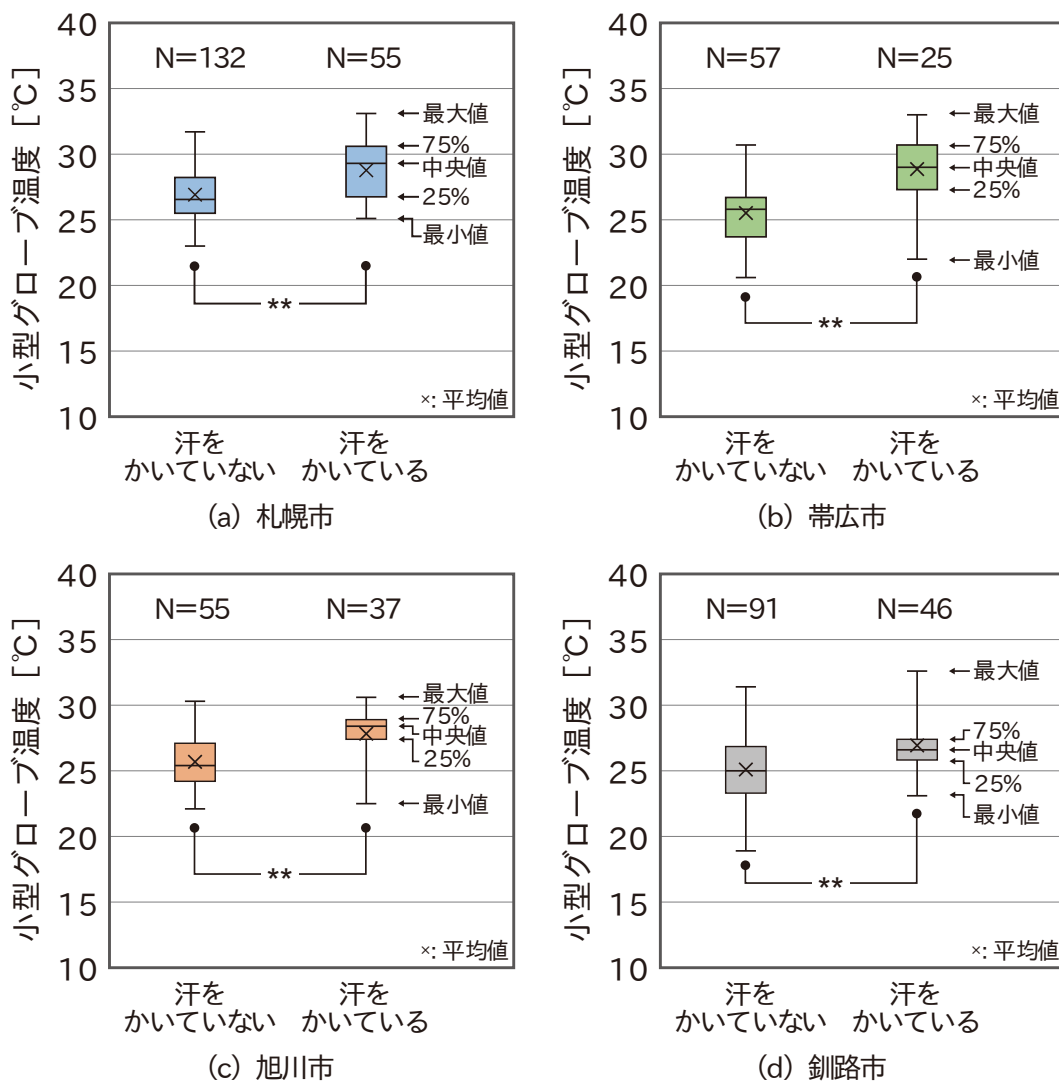


図5-4-20. 発汗感別の小型グローブ温度 (*: $p<0.05$ 、**: $p<0.01$)

第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握

想像温度と発汗感の関係について、廣谷ら^{32, 91)}は、滋賀県における中学生を対象とした夏季の調査を行ない、想像温度が高くなるほど発汗感申告率は高くなること、また、想像温度が28°C以上となると発汗感申告率が30%を超える傾向を明らかにしている。

本研究では、「汗をかいている」申告時の想像温度の中央値は、札幌市と旭川市で28.0°C、帯広市で30.0°C、釧路市で27.0°Cであり、「汗をかいていない」申告時よりも有意に高くなった。中央値であることに留意する必要があるが、帯広市以外の3都市では廣谷ら^{32, 91)}の結果よりも低い想像温度で発汗感を申告していた。このことから、北海道内の地域差のみならず、北海道と滋賀県においても、発汗感申告別の想像温度に地域差があることが明らかになった。なお帯広市の回答者は、全員50歳代以上であり、他の3都市よりも年齢が高かった。そのため、「汗をかいている」申告時の想像温度の中央値が他の3都市よりも高かった可能性がある。

「汗をかいている」申告時の空気温度の中央値は、札幌市で29.0°C、帯広市で28.4°C、旭川市で28.1°C、釧路市で26.6°Cであった。発汗し始める空気温度には最大で2.4Kの差があった。一方で、想像温度では3.0°Cの差があることから、想像温度の方が空気温度よりも、発汗し始める温熱環境の地域差を明確に表現できる可能性が示唆された。

5-4-6. 許容度別の想像温度・物理量

許容度別の想像温度を図 5-4-21 に示す。全ての都市で、2 群の間に有意差が認められた ($p<0.01$)。このことから、「受け入れられない」申告時の想像温度は、「受け入れられる」申告時よりも高くなることが明らかになった。「受け入れられない」申告時の想像温度の中央値は、札幌市で 29.0°C、帯広市で 30.5°C、旭川市で 30.0°C、釧路市で 27.5°Cである。このことから、「受け入れられない」申告時の想像温度には地域差があり、またそのときの想像温度には最大で 3.0°Cの差があることが明らかになった。

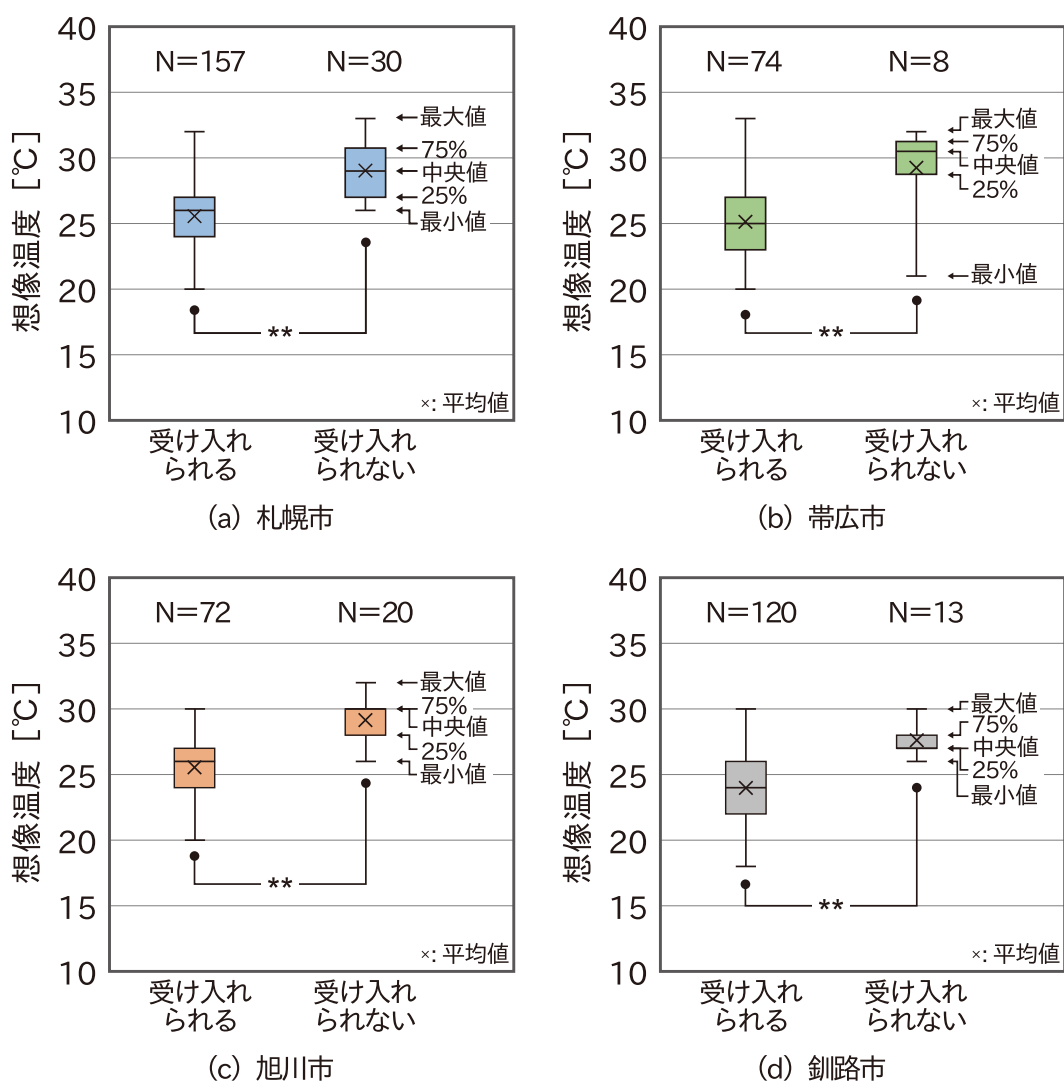


図 5-4-21. 許容度別の想像温度 (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

許容度別の空気温度を図5-4-22に示す。統計的検定の結果は、想像温度の結果と同じであり、全ての都市で有意差が認められた ($p < 0.01$)。「受け入れられない」申告時の空気温度の中央値は、札幌市で 29.1°C 、帯広市で 29.4°C 、旭川市で 28.3°C 、釧路市で 27.2°C である。このときの想像温度と空気温度の差は、札幌市で -0.1°C 、帯広市で 1.1°C 、旭川市で 1.7°C 、釧路市で 0.3°C であり、想像温度の方が空気温度よりもやや高い傾向が見られた。

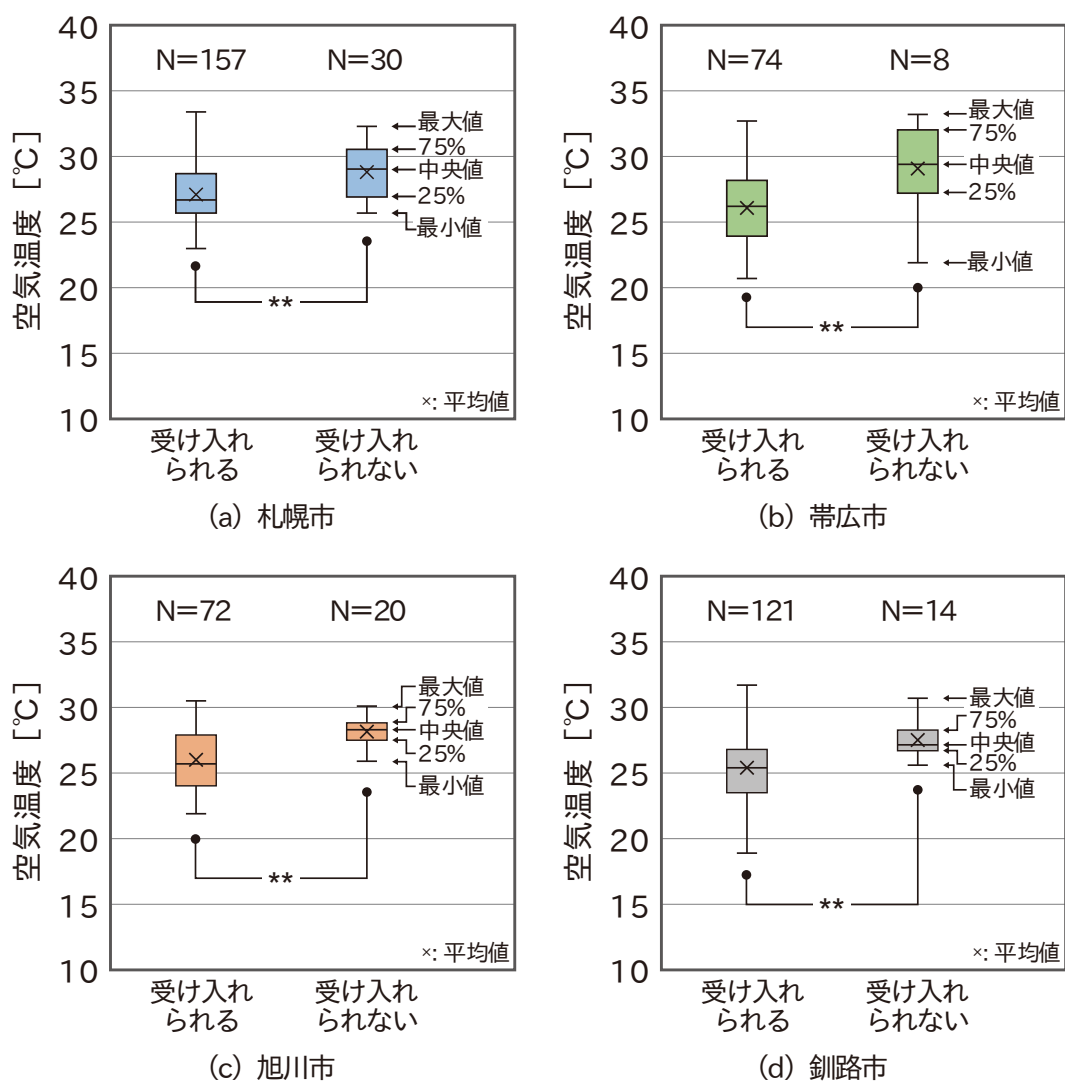


図5-4-22. 許容度別の空気温度 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

許容度別の相対湿度を図5-4-23に示す。相対湿度では、想像温度や空気温度の結果と異なり、帯広市でのみ2群の間に有意差が認められた ($p<0.05$)。

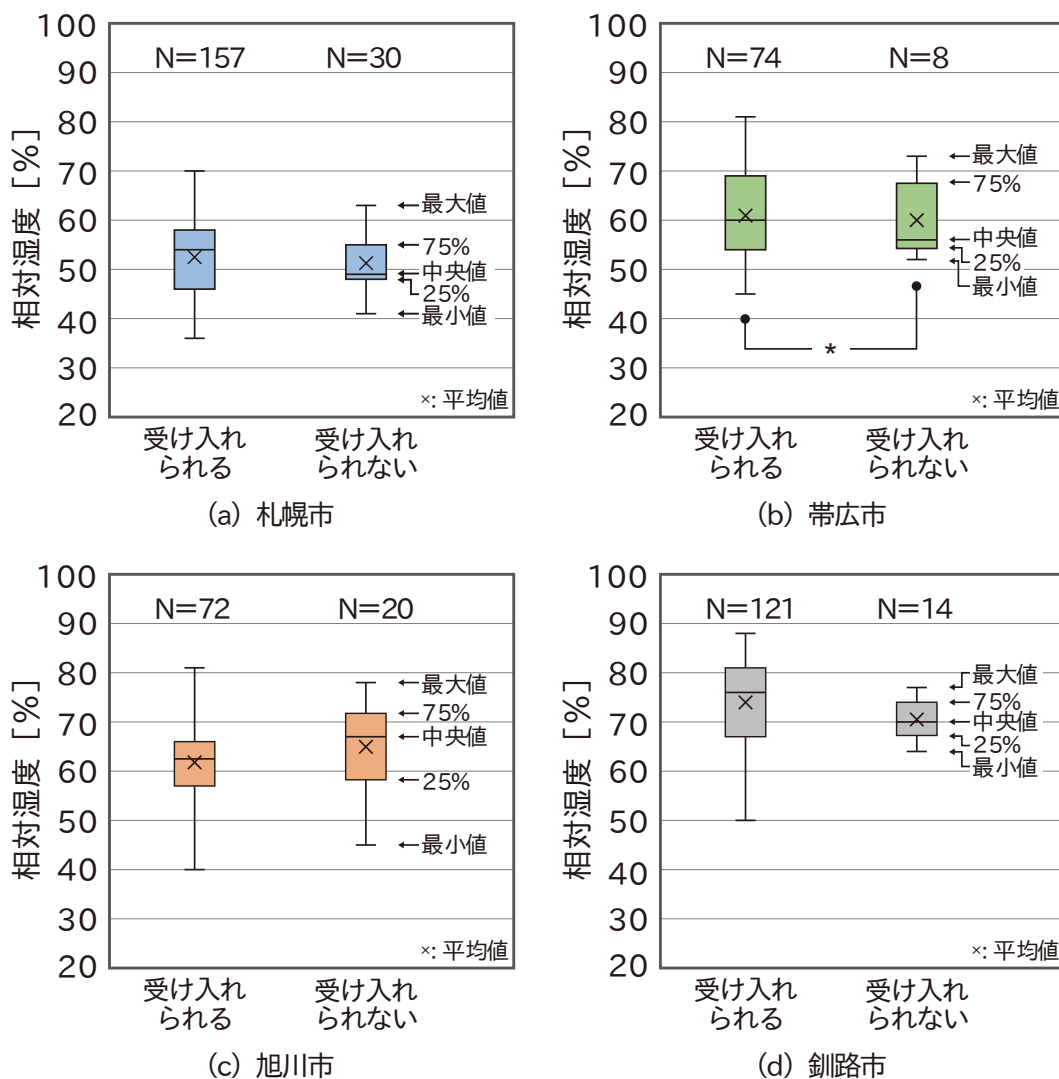


図5-4-23. 許容度別の相対湿度 (*: $p<0.05$ 、**: $p<0.01$)

許容度別の小型グローブ温度を図5-4-24に示す。統計的検定の結果は、想像温度・空気温度の結果と同じで、全ての都市で有意差が認められた ($p<0.01$)。

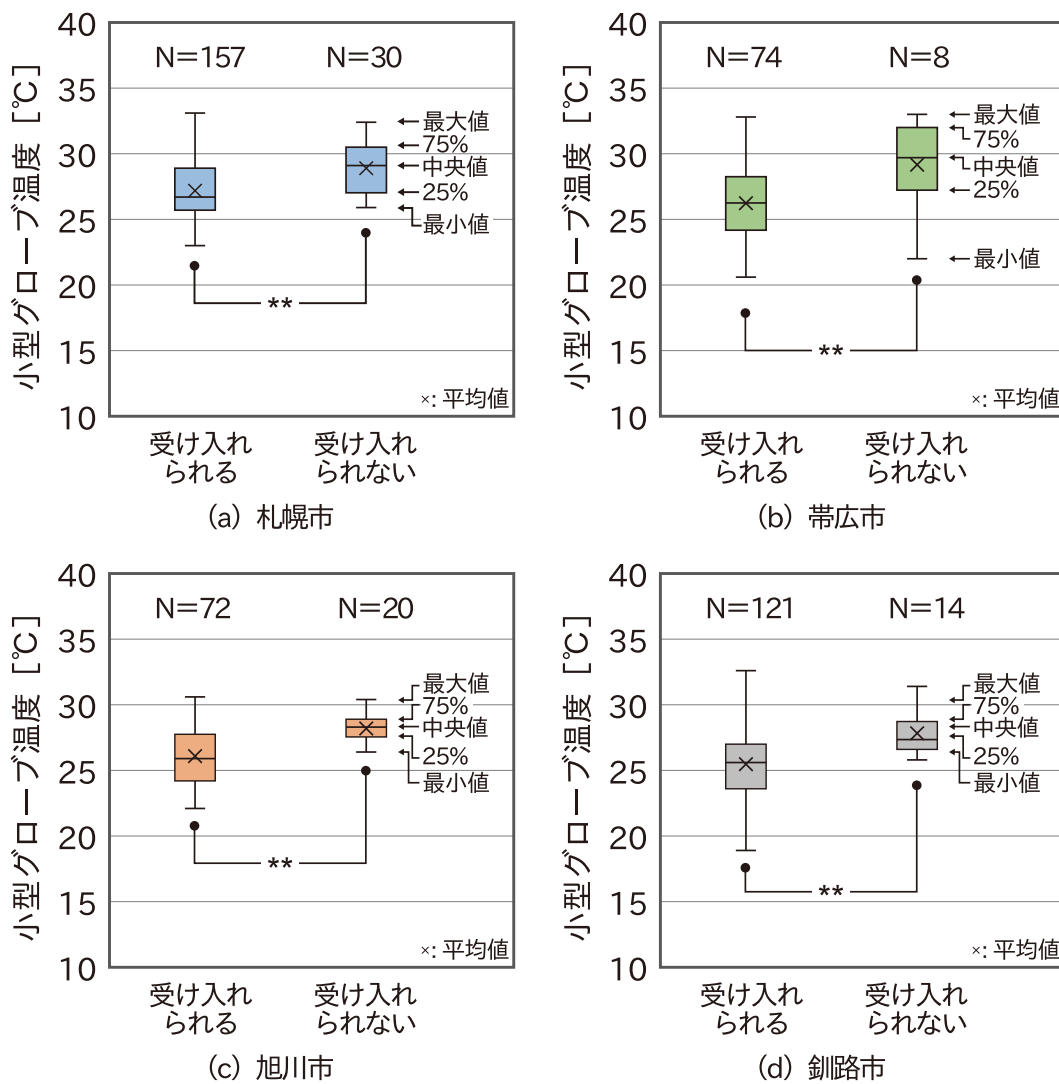


図5-4-24. 許容度別の小型グローブ温度 (*: $p<0.05$ 、**: $p<0.01$)

第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握

「受け入れられない」申告時の想像温度は、「受け入れられる」申告時よりも有意に高くなった。このことから、想像温度と許容度の間には関連があることが明らかになった。

また、「受け入れられない」申告時の想像温度の中央値は、札幌市で 29.0°C、帯広市で 30.5°C、旭川市で 30.0°C、釧路市で 27.5°Cであった。このことから、「受け入れられない」申告時の想像温度には地域差があることが明らかになった。

また、「受け入れられない」申告時の空気温度の中央値は、札幌市で 29.1°C、帯広市で 29.4°C、旭川市で 28.3°C、釧路市で 27.2°Cであった。「受け入れられない」申告時の想像温度の中央値は最大で 3.0°C、空気温度の中央値は最大で 2.2K の差があった。このことから、想像温度の方が空気温度よりも地域差を明確に表現できる可能性が示唆された。

5-4-7. 想像温度と心理量の分析のまとめ

以上で得られた想像温度と心理量の関係について次ページ表 5-4-1 にまとめる。各心理量の申告時における想像温度の中央値には 2.0~4.0°Cの差がある。そのため、各心理量の申告時における想像温度には明確な地域差があることが明らかになった。

また、快不快感の「不快でない」と「不快」、寒暑感の「暑熱」、体熱感の「体熱感有」、発汗感の「汗をかいている」、許容度の「受け入れられない」申告に着目し、その時の想像温度の中央値を次ページ図 5-4-25 に示す。このとき、気流感は想像温度との関連が明確でなかったため、除外した。各心理量の発現順に並べ替えたところ、「不快でない」→身体の内側に熱さを感じる→暑い→汗をかいている→不快である→受け入れられない」という順序が得られた。なお、各心理量で同じ値の場合もあるが、他の都市の傾向を考慮して並べ替えを行なった。このことから、「不快でない」状態は、夏季においては体熱感を感じ始める前、すなわち身体内部に熱さを感じ始める前に生じる状態であり、夏の「住みこなし」を考える際に着目すべき指標になりえることが明らかになった。また、各心理量の発現時の想像温度について統計的検定を行なったところ、「受け入れられない」以外の心理量において、釧路市は他の3都市との間に有意差が認められ ($p<0.01$)、釧路市は各心理量が発現するときの想像温度が他の都市よりも低いことが明らかになった。このことから、「住みこなし」を実現させるための想像温度を考えるうえで、地域差を考慮する必要が示された。なお、「受け入れられない」の申告数は、全ての都市であまり多くなかったことで、統計的な差が認められない結果となった可能性が考えられる。

空気温度でも同様の分析を行なった（次々ページ表 5-4-2、図 5-4-26）。各心理量の発現順序は想像温度のものと合わせた。想像温度では、各心理量の発現順に温度が高くなる傾向が見られたが、「体熱感有（身体の内側に熱さを感じる）」、「暑熱（暑い）」、「汗をかいている」申告時の各都市の空気温度にはほとんど差が見られなかった。このことから、各心理量の発現を評価する際には、想像温度は空気温度よりも有用であることが示めされた。

表 5-4-1. 心理量別・都市別の想像温度の中央値

心理量	札幌市	帯広市	旭川市	釧路市	最大差
不快	29.0℃	31.0℃	29.0℃	27.0℃	4.0℃
快不快感					
不快でない	26.0℃	26.0℃	27.0℃	24.0℃	3.0℃
快適	24.0℃	22.0℃	24.0℃	23.0℃	2.0℃
暑熱	27.0℃	29.0℃	28.0℃	27.0℃	2.0℃
寒暑感					
どちらでもない	26.0℃	24.0℃	26.0℃	23.0℃	3.0℃
寒冷	24.0℃	22.0℃	23.0℃	22.0℃	2.0℃
体熱感					
体熱感有	27.0℃	28.0℃	27.0℃	26.0℃	2.0℃
体熱感無	24.0℃	23.0℃	25.0℃	23.0℃	2.0℃
気流感					
気流を感じない	26.0℃	25.0℃	27.0℃	24.0℃	3.0℃
気流を感じる	26.0℃	28.0℃	25.0℃	25.0℃	3.0℃
発汗感					
汗をかいている	28.0℃	30.0℃	28.0℃	27.0℃	3.0℃
汗をかいていない	25.0℃	24.5℃	25.0℃	23.0℃	2.0℃
許容度					
受け入れられない	29.0℃	30.5℃	30.0℃	27.5℃	3.0℃
受け入れられる	26.0℃	25.0℃	26.0℃	24.0℃	2.0℃

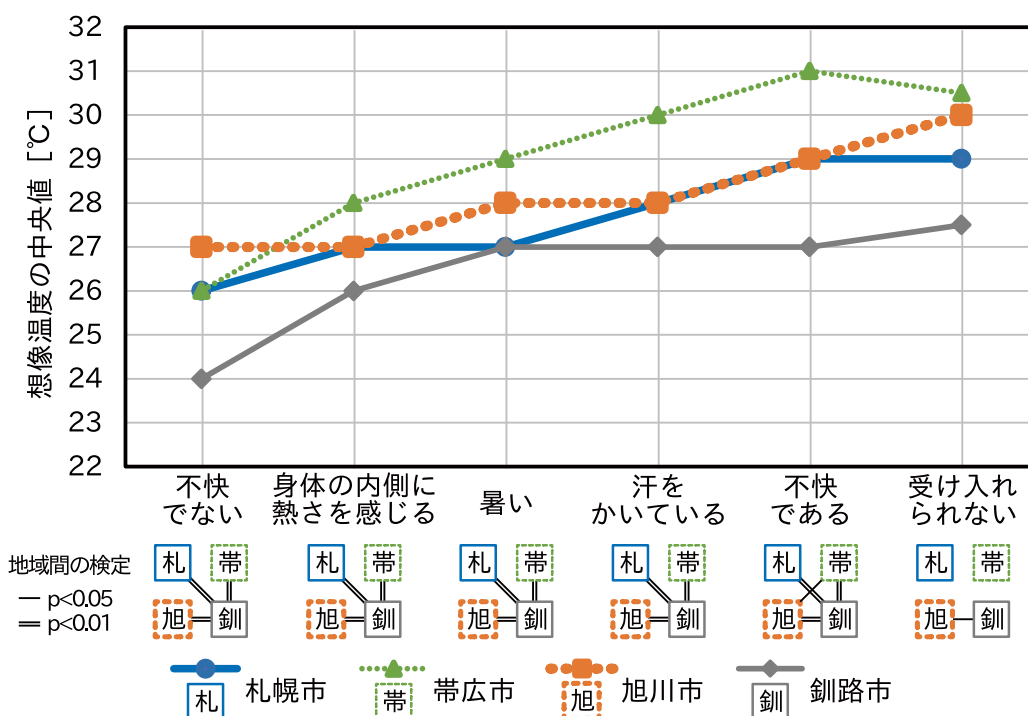


図 5-4-25. 各心理量の発現順序と想像温度（中央値）の関係

表 5-4-2. 心理量別・都市別の空気温度の中央値

心理量	札幌市	帯広市	旭川市	釧路市	最大差
不快	29.8℃	30.8℃	28.4℃	26.9℃	3.9K
快不快感					
不快でない	26.7℃	27.4℃	27.1℃	25.7℃	1.7K
快適	26.3℃	23.3℃	24.5℃	23.9℃	3.1K
暑熱	28.8℃	28.6℃	27.9℃	26.8℃	2.0K
寒暑感					
どちらでもない	26.2℃	25.9℃	25.6℃	23.9℃	2.4K
寒冷	26.3℃	24.4℃	23.7℃	23.6℃	2.7K
体熱感					
体熱感有	28.8℃	28.3℃	27.9℃	26.8℃	2.0K
体熱感無	26.1℃	25.2℃	24.8℃	23.7℃	2.4K
気流感					
気流を感じない	26.4℃	26℃	27.2℃	25.6℃	1.7K
気流を感じる	27.6℃	28.3℃	23.7℃	25.6℃	4.6K
発汗感					
汗をかいている	29.0℃	28.4℃	28.1℃	26.6℃	2.4K
汗をかいていない	26.5℃	25.9℃	25.5℃	24.9℃	1.6K
許容度					
受け入れられない	29.1℃	29.4℃	28.3℃	27.2℃	2.3K
受け入れられる	26.7℃	26.2℃	25.7℃	25.4℃	1.3K

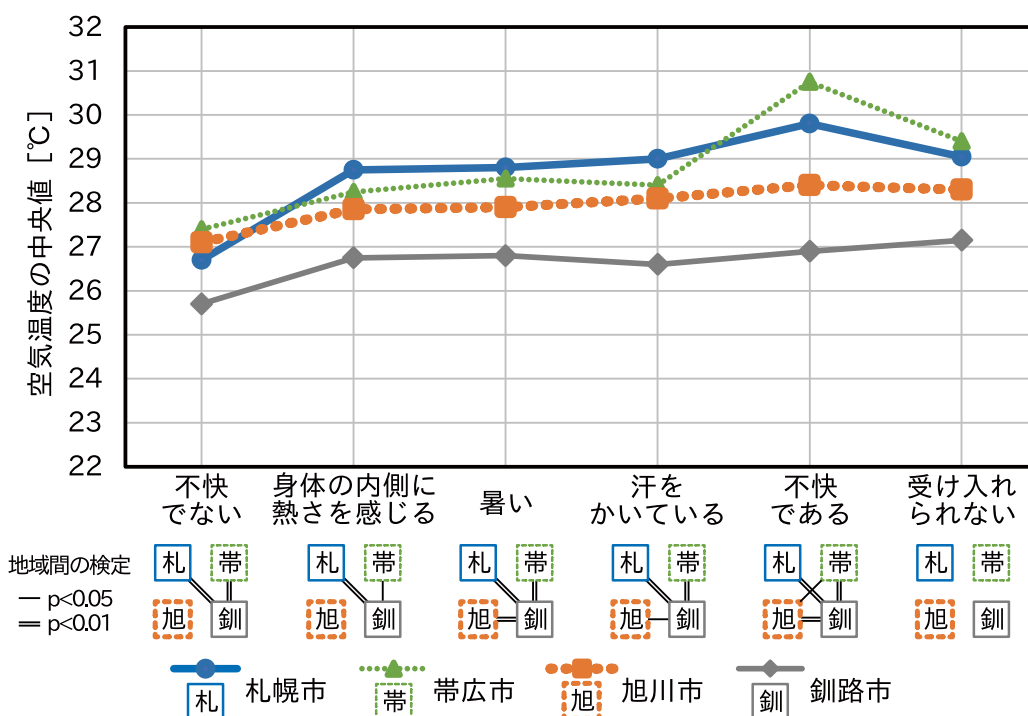


図 5-4-26. 各心理量の発現順序と空気温度（中央値）の関係

5-4-8. 想像温度と環境調整行動の関係

上述の分析でも述べたが、想像温度と心理量の関係の分析に加えて、環境調整行動との関連も明らかにする必要があると考えられる。想像温度と環境調整行動の関係は、第2章でも示したように、廣谷ら^{32, 91)}、谷川ら¹²³⁾、斉藤ら¹¹⁴⁾によるものがある。これらの調査からは、夏季では身体の水飲みや汗拭きといった水分収支に関わる環境調整行動が行なわれた場合の想像温度は、行なっていない場合よりも低くなること、また環境調整行動のうち、暑熱緩和行動の数が増えると想像温度も高くなる傾向が明らかになっている。なおこれらは、小学生または中学生を対象にした夏季の調査であり、学校における環境調整行動に着目している。そのため、実生活における想像温度と環境調整行動の関係はまだ十分に整理されていない。

都市別・環境調整行動の実施数毎の想像温度と空気温度を次ページ以降の図 5-4-27、図 5-4-28 に示す。なお、環境調整行動が完全無回答であった場合は除き、また環境調整行動を6つ以上行なっていた回答は札幌市でのみ3回答あったが、分析では「5つ以上」に集約した。さらにNが5未満のカテゴリは統計的検定を実施しなかった。また5未満の場合には箱ひげ図を作図せず、実際の温度値をプロットした。

札幌市では、環境調整行動を1つ行なっているときの想像温度は、3つ、5つ行なっているときよりも有意に低い ($p < 0.01$)。環境調整行動を4つ行なっているときの想像温度はばらつきが大きいため、1つ行なっているときと有意差が認められなかったと考えられる。同様に、帯広市では環境調整行動を1つおよび2つ行なっているときの想像温度は、4つ行なっているときよりも有意に低く ($p < 0.01$)、旭川市では2つ行なっているときの想像温度は、3つおよび4つ行なっているときよりも有意に低い ($p < 0.05$)。釧路市ではこの傾向が顕著であり、環境調整行動を1つ行なっているときの想像温度は、2~4つ行なっているときよりも有意に低い ($p < 0.01$)。なおこの傾向は、滋賀県の中学生を対象とした廣谷ら^{32, 91)}の研究でも同様であった。これらのことから、想像温度が高くなれば環境調整行動の実施数が増える傾向があることが明らかになり、この傾向に地域差はないことが示された。

このことは、ヒトは暑さや不快を感じると、複数の環境調整行動を行なっている実態であり、すなわち夏季における「住みこなし」が行なわれていることが示唆された。なお、空気温度でも想像温度と同様の傾向が見られ、空気温度が高くなれば環境調整行動の実施数が増える傾向が明らかになった。なおこの傾向が現れることは、熱環境適応プロセス^{32, 91)}でも同様に示されており、既往研究とも相違ない結果が得られた。

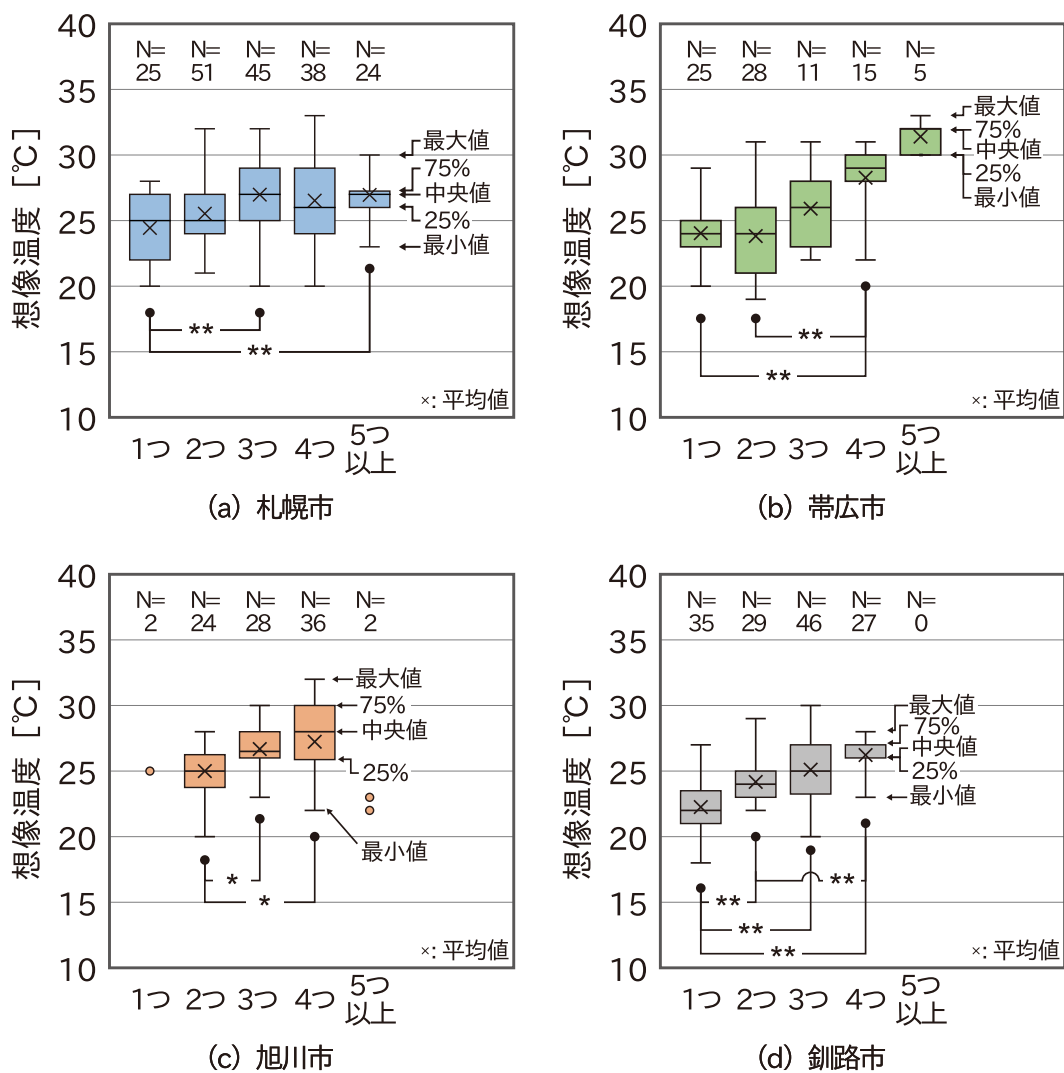


図 5-4-27. 環境調整行動の実施数別の想像温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

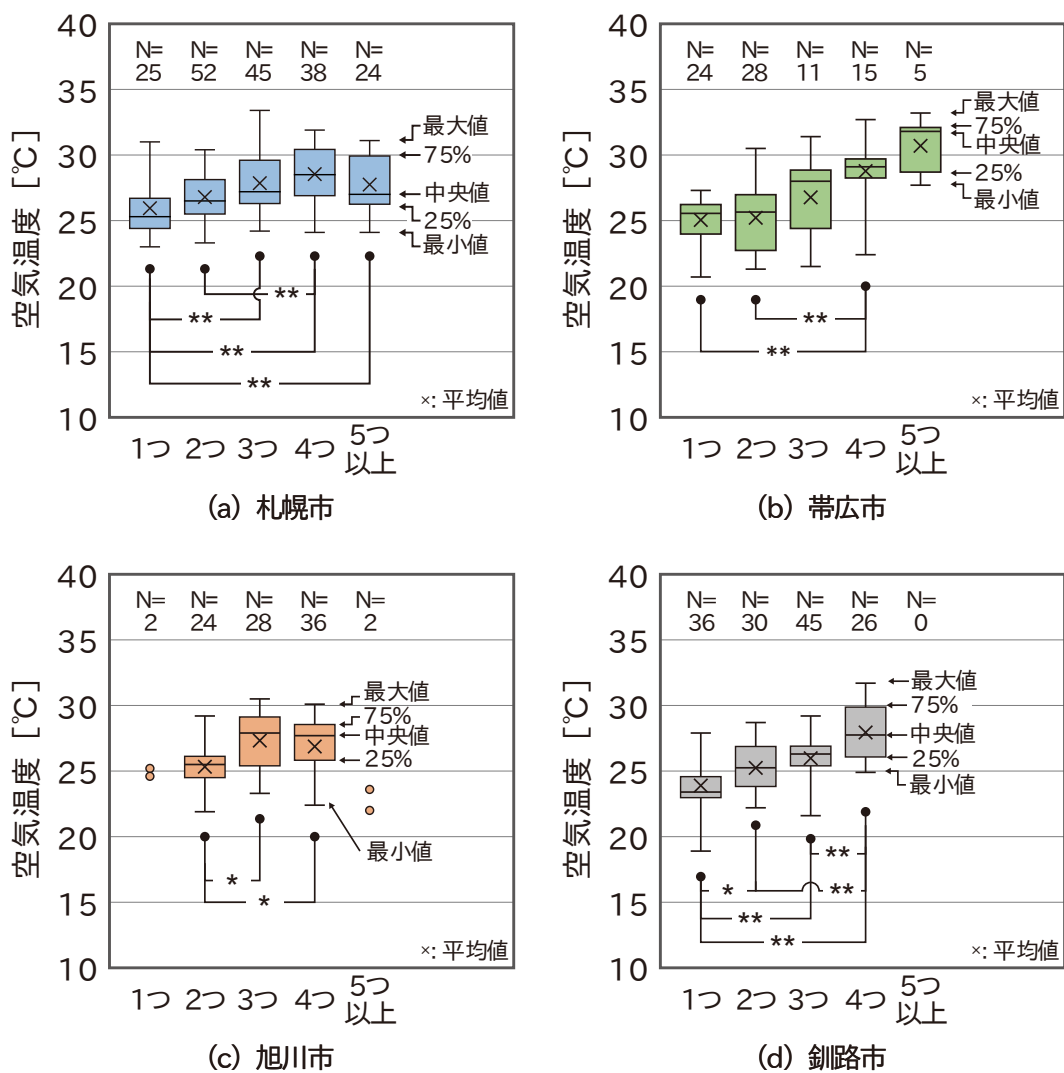


図 5-4-28. 環境調整行動の実施数別の空気温度 (*:p<0.05、**:p<0.01)

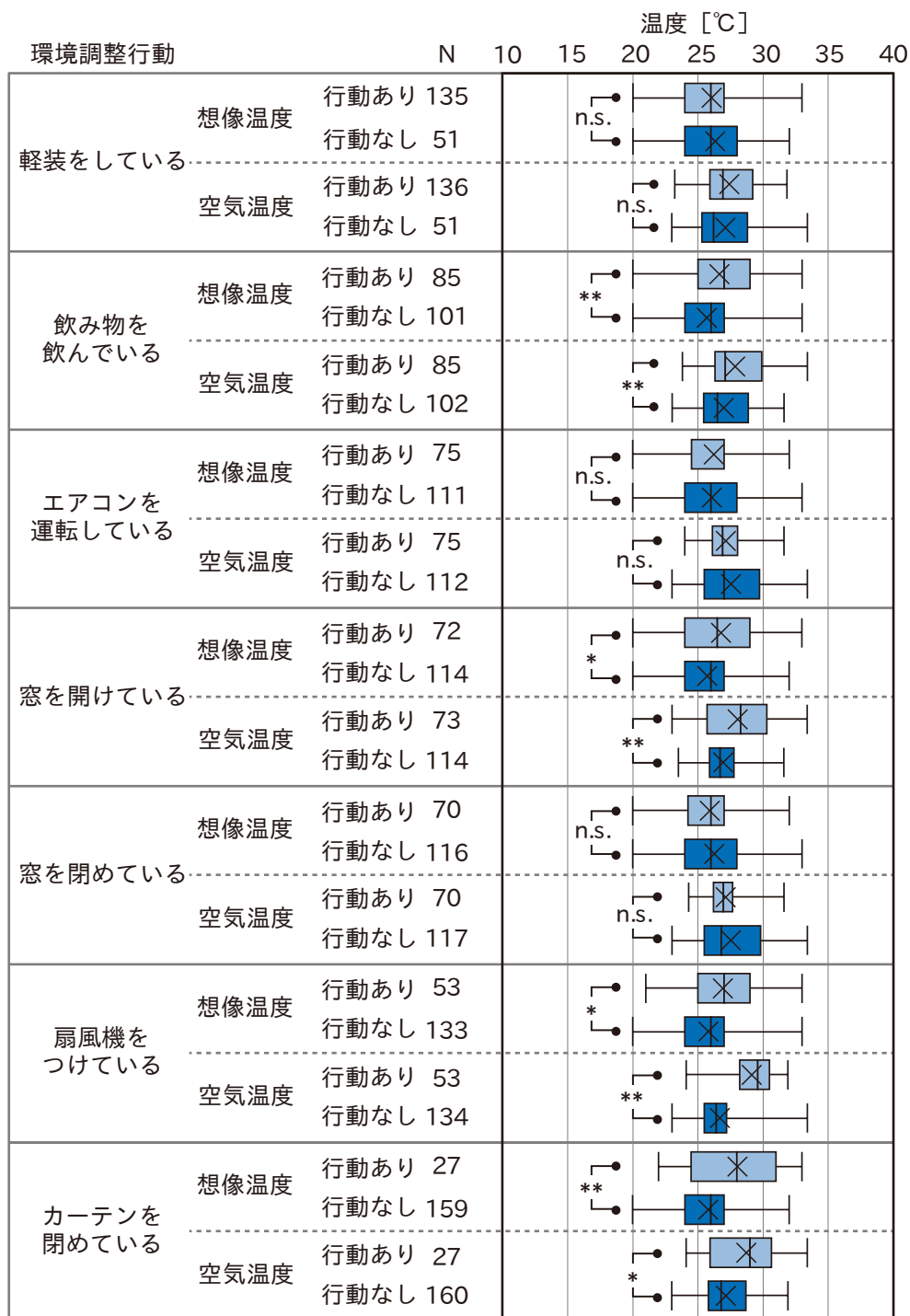
第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握

次に、環境調整行動の実施有無別の想像温度と空気温度に着目し、分析を行なう。次ページ以降の図 5-4-29 から図 5-4-32 に得られた結果を示す。なお環境調整行動の申告は、暑熱緩和を目的として行なった行動と考え、その申告有無がそのまま実施有無としてとらえ、想像温度と空気温度を集計した。そのため、「窓を開けている」と「窓を閉めている」は従属する関係と考えられるが、別々の環境調整行動としてとらえて分析を行なった。

「軽装をしている」は、全ての都市でも過半数が行なっており、夏季においては誰もが行ないやすい環境調整行動と考えられる。「軽装をしている」の実施有無別の想像温度は、帯広市と釧路市で有意差が認められ ($p<0.01$)、「軽装をしている」ときの想像温度（中央値）は「軽装をしていない」ときよりも高い。なお、札幌市と旭川市では有意差が認められなかった。環境調整行動を実施しているときの想像温度は、実施していないときよりも有意に高くなる傾向にあり、比較的实施数が多い「飲み物を飲んでいる」をはじめとして、ほとんどの環境調整行動でも同様であった。一方で、「扇風機をつけている」の実施有無別の想像温度は全ての都市で有意差が認められたが ($p<0.01$)、旭川市でのみ、実施しているときの想像温度は実施していないときよりも低い。これは、「エアコンを運転している」と「扇風機をつけている」を同時に行なっている回答が 10/16 あることが影響していると考えられる。

これらのことから、環境調整行動の実施数の分析と同様に、暑さや不快に感じると「軽装をしている」や「飲み物を飲んでいる」といった、着衣量の調整や飲み物を飲むなどの環境調整行動を行ないながら、夏季に「住みこなし」が行なわれていることが示された。

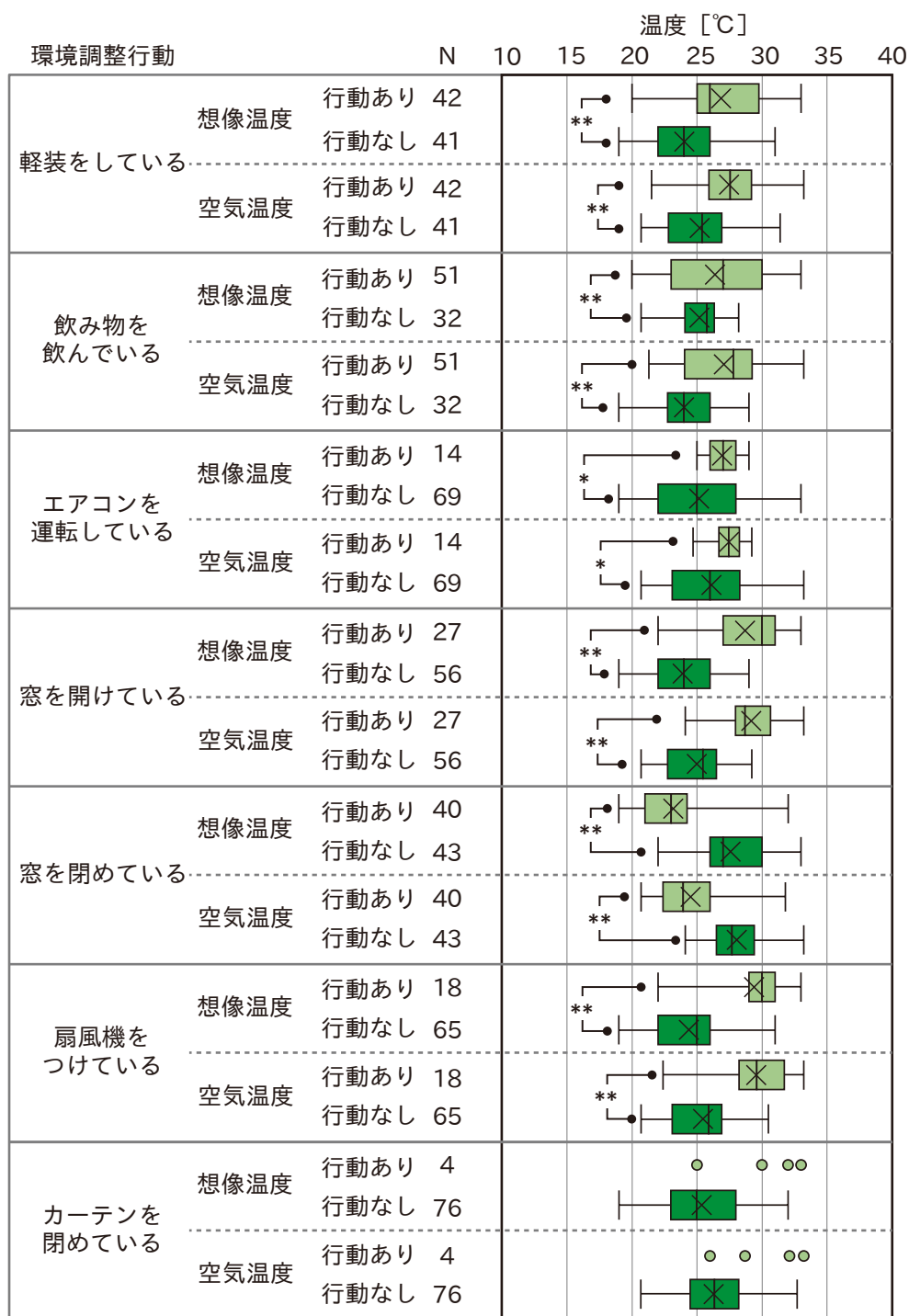
第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握



※** : p<0.01、* : p<0.05、n.s. : p>0.05

図 5-4-29. 環境調整行動の実施有無別の想像温度と空気温度 (札幌市)

第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握

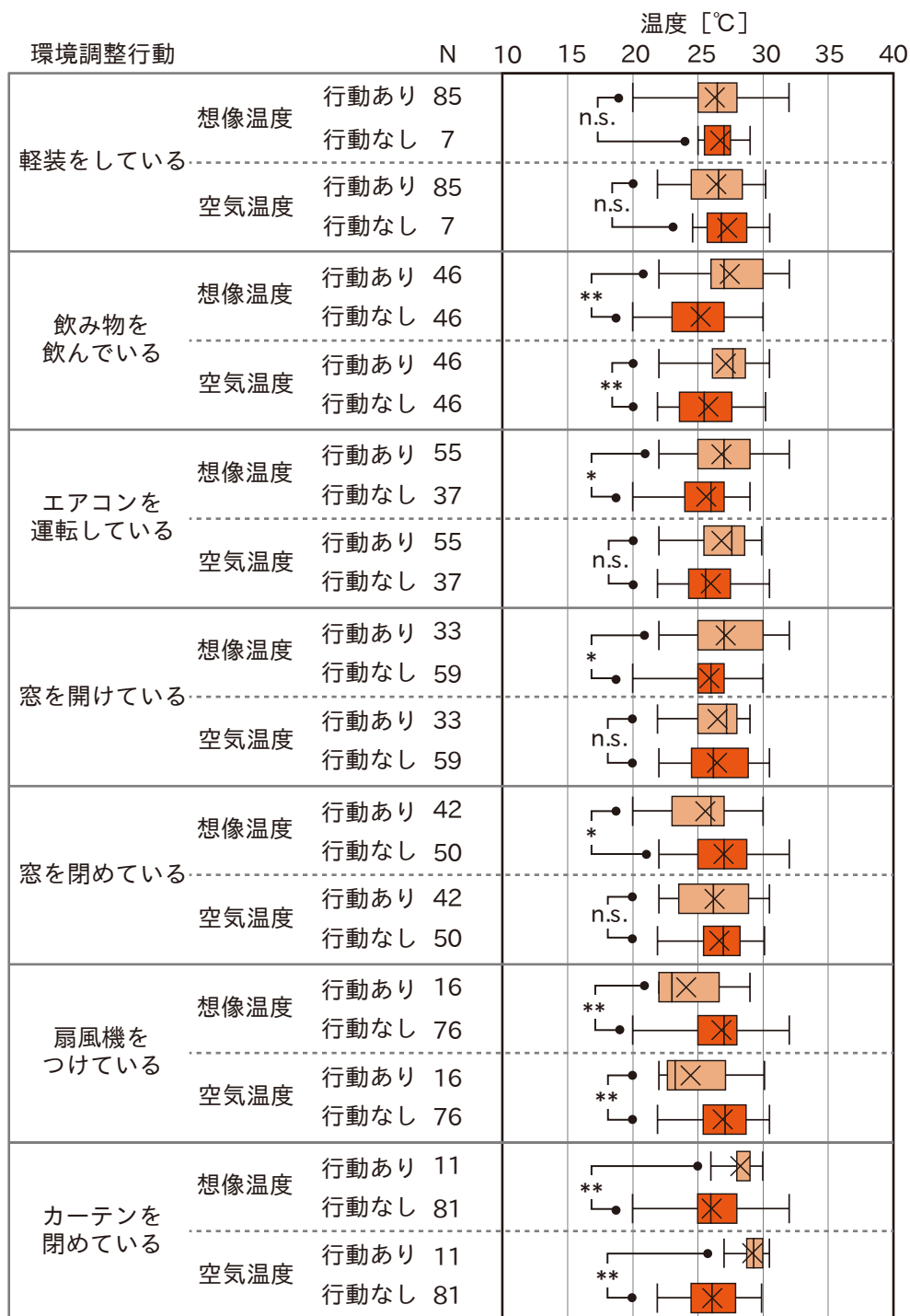


※** : p<0.01、* : p<0.05、n.s. : p>0.05

※「カーテンを閉めている」は、実施数が少ないため検定は実施しない。

図 5-4-30. 環境調整行動の実施有無別の想像温度と空気温度（帯広市）

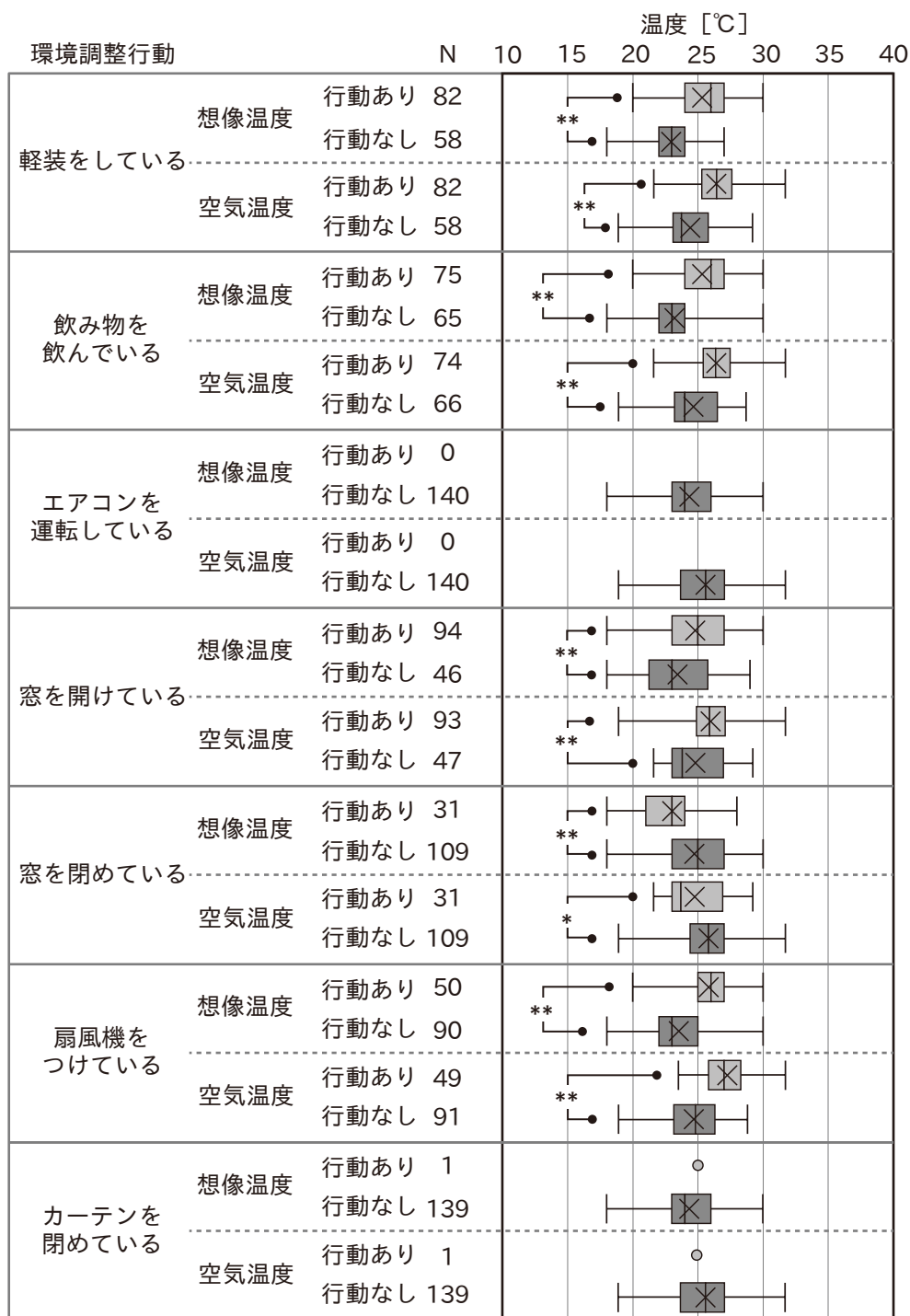
第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握



※** : p<0.01、* : p<0.05、n.s. : p>0.05

図 5-4-31. 環境調整行動の実施有無別の想像温度と空気温度 (旭川市)

第5章 夏季の実生活における想像温度と心理量の関係の把握



※** : p<0.01、* : p<0.05、n.s. : p>0.05

※「エアコンを運転している」と「カーテンを閉めている」は、実施数が少ないため検定は実施しない。

図 5-4-32. 環境調整行動の実施有無別の想像温度と空気温度（釧路市）

5-4-9. 想像温度と空気温度の差とその経日変化

本章で行なった調査では、1日1回の想像温度の申告を依頼しているが、そのときの空気温度の確認は依頼していない。一方で、第1章、第2章でも示した想像温度と「住みこなし」に関する既往研究では、想像温度の申告とそのときの空気温度の確認を依頼し、この一連の確認作業の回数が増えるほど、「想像温度と空気温度の差（以降、 $(T_{cog}-T_a)$ とする）」が小さくなる傾向があることを示している。そのため本章と既往研究³⁵⁾の結果を比較することで、本章の調査で得られた想像温度が経日変化による影響を受けたのかを確認できると考えた。これにより、本章の分析結果を補足する。

まず、次ページ図5-4-33に各都市における申告回数毎の $(T_{cog}-T_a)$ の実測値を示す。なお、被験者毎の想像温度の申告回数にばらつきがあったため、各申告回数のうち過半数の被験者が申告している場合に図化している（図5-4-34も同様）。また、既往研究では相関分析を行なっているが、相関係数の種類が示されていないため、ピアソンの積率相関係数（以降、 R とする）と仮定して分析を行なった。申告回数と $(T_{cog}-T_a)$ の R の絶対値は非常に小さく、全て都市で相関関係は認められなかった。そのため、想像温度の申告時に空気温度の確認を行なわなければ、想像温度の申告回数が増えたとしても $(T_{cog}-T_a)$ は小さくならず、ばらつきが大きいままであることがわかった。また、帯広市と旭川市では、想像温度と空気温度の差は $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 程度の範囲にあるが、札幌市と釧路市ではその範囲が広い傾向にあった。

次々ページ図5-4-34に、既往研究と同様の分析として、各都市における申告回数毎の「平均 $(T_{cog}-T_a)$ の絶対値」を示す。申告回数と「平均 $(T_{cog}-T_a)$ の絶対値」の相関は、帯広市と釧路市で弱い正の相関が認められるが（それぞれ $R=0.39, 0.43$ ）、札幌市と旭川市では相関関係は認められなかった（それぞれ $R=-0.09, -0.04$ ）。他方、既往研究では同様の分析で負の相関が認められており、本章の結果と異なった。これらのことから、本章で得られた想像温度は、「想像温度の申告はしているが空気温度の確認は行っていないもの」であり、すなわち本章の分析結果は、経日変化による影響を受けていない想像温度を対象にした結果であると考えられる。分析結果を解釈するうえでは、このことを考慮する必要がある。

なお、 R の計算には対象となる2組の変数それぞれの平均値が用いられる。そのため、申告回数毎の $(T_{cog}-T_a)$ の平均値を用いて R を算出することの統計的な正確さにはさらなる検討が必要と考えられるが、ここでは既往研究との比較を行なうため、同様の手法で R を算出し、比較を行なった。

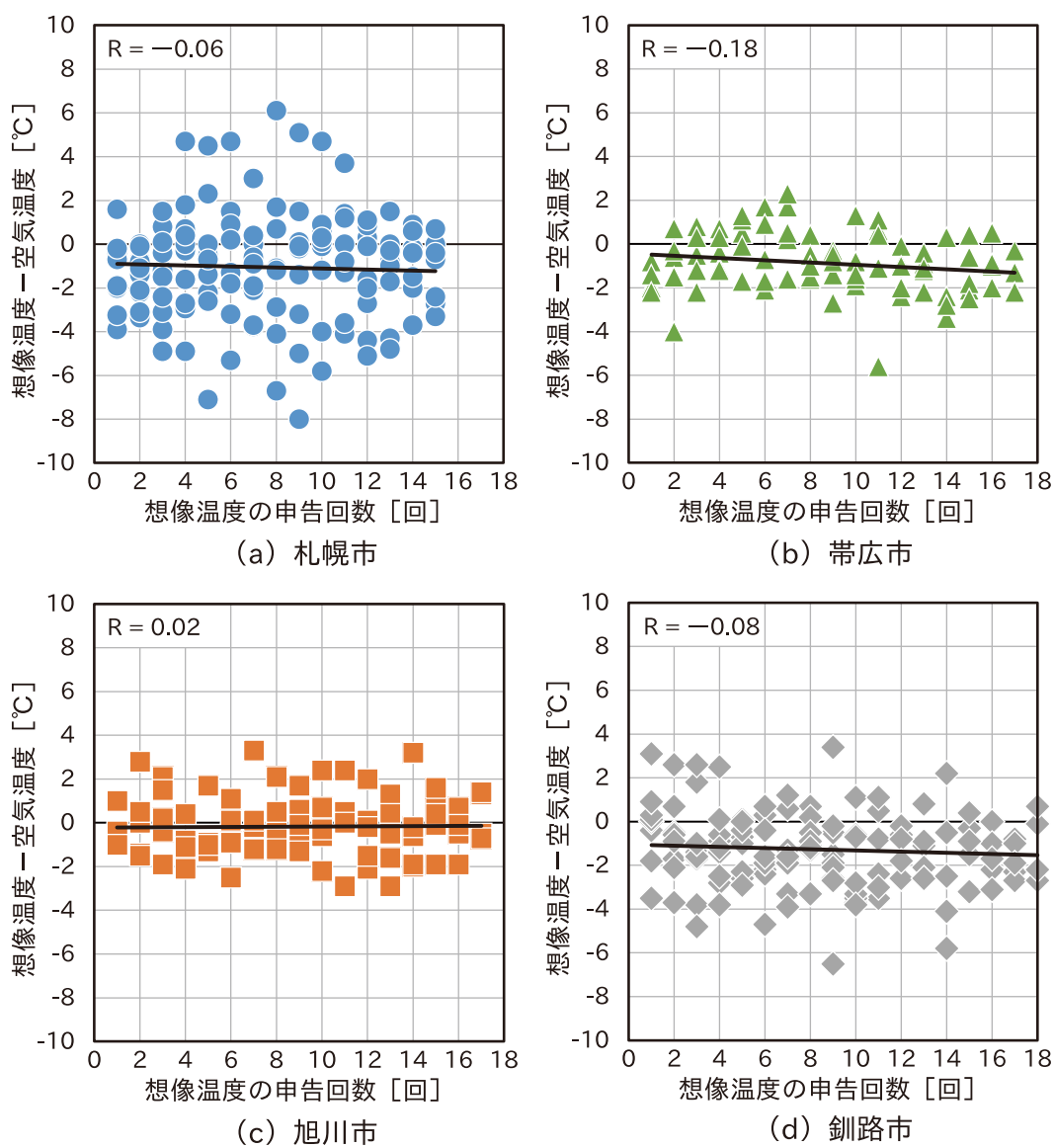


図 5-4-33. 想像温度の申告回数毎の「想像温度と空気温度の差」

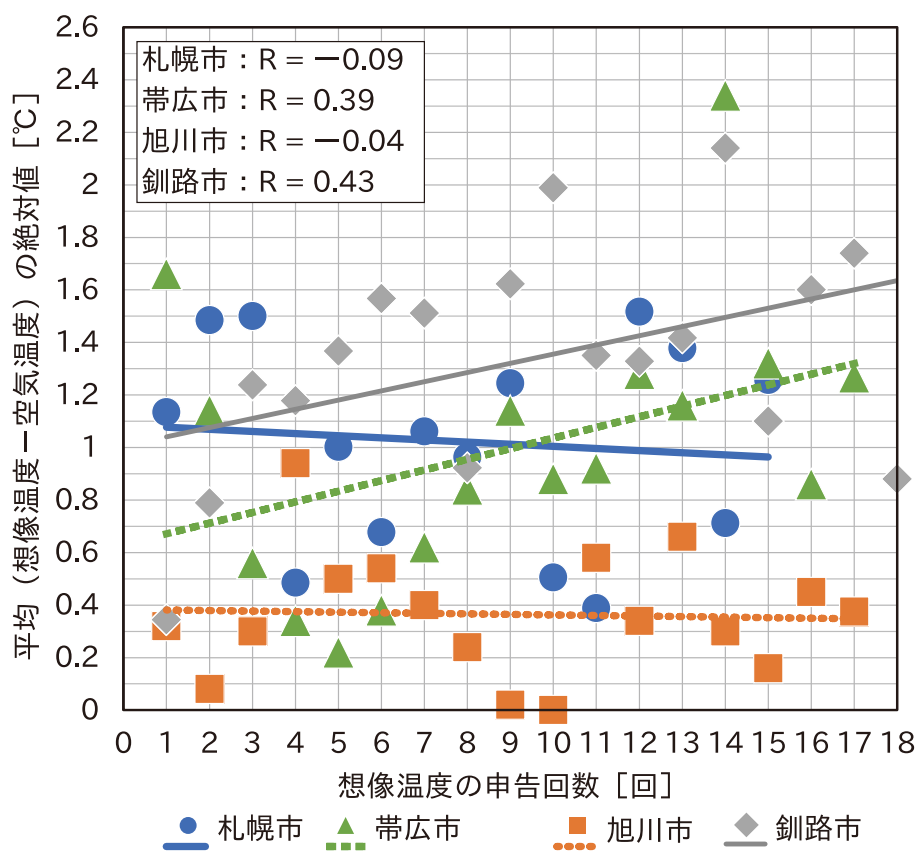


図 5-4-34. 想像温度の申告回数毎の平均「想像温度と空気温度の差」の絶対値

5-4-10. 想像温度と心理量・環境調整行動等の関係のまとめ

本章では、実生活での想像温度と心理量および環境調整行動の関係について、統計的検定を用いて分析を行なった。第2章のシステマティックレビューおよび第3章の被験者実験で得られた結果も併せて、想像温度と心理量・環境調整行動等との関係を表5-4-3にまとめる。

「不快でない」は、実生活においても「不快」と「快適」とは有意に異なる状態として存在していた。「不快でない」は空気温度や小型グローブ温度、相対湿度では評価できない場合があることが明らかになり、想像温度の有用性が示された。また「不快でない」は、体熱感や寒暑感、発汗感等の各心理量よりも想像温度が低いときに発現することが明らかになった。すなわち、「不快でない」は、身体内部の熱さや身体周囲の暑さを感じる前の状態であり、「住みこなし」の目標とすべきと考えられる。これらのことから、「住みこなし」を実現するためには、ヒトが「不快でない」状態を想像温度により認知する必要があるとする、本研究における「住みこなし」の定義と矛盾しない結果が得られた。

表5-4-3. 第2章・第3章の結果と本章で得られた結果のまとめ

種類	関係	
快不快感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 回答者属性や住宅・非住宅を問わず、快不快感申告別に想像温度が異なることが示されている（第2章）。 ・ 被験者実験から、快不快感には「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態が存在する（第3章）。 ・ 実生活においても、「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態が存在する（第5章）。 ・ ヒトが「不快でない」状態を認知するためには、想像温度が有用である（第5章）。 	
心理量	寒暑感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想像温度と正の相関がある（第2章）。 ・ 「暑熱」側申告時の想像温度は、「寒冷」や「どちらでもない」申告時よりも高くなる（第5章）。
	発汗感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想像温度と正の相関がある（第2章）。 ・ 発汗しているときの想像温度は、発汗していない場合よりも高くなる（第5章）。
	体熱感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想像温度は身体周囲の暑さだけでなく、身体内部の熱さも評価できる（第5章）。
	気流感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想像温度は、気流を感じる時には、気流を感じない時よりも高くなる傾向がある（第5章）。
	許容度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「受け入れられない」申告時の想像温度は、「受け入れられる」申告時よりも高くなる（第5章）。

(次ページに続く)

(表 5-4-3 の続き)

種類	関係
地域差	<ul style="list-style-type: none"> ・ 寒暑感または快不快感申告別の想像温度には地域差がある (第2章、第3章、第5章)。 ・ 「不快でない」申告時の想像温度には地域差がある (第5章)。 ・ 「汗をかいている」申告時の想像温度には、北海道内のみならず北海道内外での地域差もある (第5章)。 ・ 「受け入れられない」申告時の想像温度には地域差がある (第5章)。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想像温度を用いることで、「住みこなし」が表れ始めたことを考察できる。また想像温度は「住みこなし」の実現に必要とされている温度想像力の評価に用いられる (第2章)。 ・ 「不快でない」は、夏の「住みこなし」を考える際に着目すべき指標になりえる (第5章)。 ・ 実生活では、夏季における「住みこなし」が行なわれている実態がある (第5章)。
環境調整行動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境調整行動を行なうときの想像温度は、行なわないときよりも高くなる (第5章)。 ・ 想像温度が高くなれば、環境調整行動を複数行なう傾向がある (第2章、第5章)。 ・ 暑熱緩和のための環境調整行動は、組み合わせて行なっている実態がある (第5章)。
季節差	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冬季・春季ともに、空気温度よりも想像温度を比較的安く申告する傾向がある (第2章)。
男女差	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湿度条件が異なることで、男女の想像温度には差が生じる (第2章)。
知的生産性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熊本では想像温度が高いほど得点比は下降する傾向がある (第2章)。

5-5. 第5章のまとめ

本章では、気候が異なる北海道内4都市を対象に夏季の住宅を対象に調査を行ない、実生活においても「不快でない」状態が存在することを統計的に明らかにした。さらに、想像温度と心理量の関係について、空気温湿度といった物理量との結果と比較しながら分析し、想像温度が有用であることを明らかにした。得られた結果を以下に示す。

- 1) 快不快感別の想像温度は、全ての都市で、「不快」と「不快でない」、「不快でない」と「快適」、「不快」と「快適」の全ての組み合わせで有意差が認められた。すなわち、「不快」から「不快でない」、「快適」へと快不快感が変化するにつれて、想像温度が有意に低くなることが明らかになった。このことから、第3章の被験者実験に加えて、実生活においても「不快でない」状態は存在しており、またこれは想像温度によって評価可能なことが示された。
- 2) 「不快でない」申告時の想像温度には地域差があることが明らかになった。このときの想像温度の中央値は、北海道で比較的寒冷な気候の釧路市が札幌市・帯広市・旭川市よりも2~3°C低かった。
- 3) 快不快感別の空気温度では、札幌市の「不快でない」と「快適」の間で有意差が認められなかった。このため、「不快でない」状態は、空気温度ではその存在を明確化できない可能性が示唆された。そのため、ヒトが「不快でない」状態を認知するためには、想像温度が有用であることが示された。
- 4) 寒暑感別の想像温度は、「寒冷」と「どちらでもない」に有意差が認められない場合があり、第3章の冬季に行なった被験者実験と異なる傾向が示された。一方で「暑熱」申告時の想像温度は、全ての都市で「寒冷」と「どちらでもない」の両方よりも有意に高かった。これは被験者実験の結果と相違なく、一般性を持った傾向であることが示された。
- 5) 本研究では、身体内部の熱さ感を評価する心理量として体熱感を提案した。全ての都市で、想像温度は体熱感が無いときよりも体熱感があるときに有意に高いことが明らかになった。このことから、想像温度は身体周囲の暑さ（寒暑感）だけでなく、身体内部の熱さ（体熱感）も評価できる可能性が明らかになった。

- 6) 気流感別の想像温度は、札幌市と帯広市では、「気流を感じる」申告時が「気流を感じない」申告時よりも高かったが、旭川市では逆に低くなった。気流感別の想像温度には明確な傾向は得られなかった。
- 7) 発汗感別の想像温度は、「汗をかいている」申告時の方が「汗をかいていない」申告時よりも有意に高くなった。また、「汗をかいている」申告時の想像温度の中央値は、最大で 3.0°Cの差があり、地域差が示された。また滋賀県の中学生を対象とした既往研究と比較しても低い温度で発汗し始めており、北海道内だけでなく、北海道と滋賀県でも地域差があることがわかった。
- 8) 許容度別の想像温度は、「受け入れられない」申告時が「受け入れられる」申告時よりも有意に高くなることが明らかになった。また、「受け入れられない」申告時の想像温度の中央値は最大で 3.0°Cの差があり、地域差が示された。
- 9) 各心理量の発現順に想像温度（中央値）を並べ替えたところ、「不快でない」→身体の内側に熱さを感じる→暑い→汗をかいている→不快である→受け入れられない」という順序が得られた。このことから、「不快でない」状態は、夏季においては体熱感の「体熱感有」や寒暑感の「暑熱」申告になる前に生じる状態であり、夏の「住みこなし」を考える際に着目すべき指標になりえることが示された。
- 10) 想像温度が高くなれば環境調整行動の実施数が増える傾向があることが明らかになり、この傾向に地域差はないことが示された。また同様に、各環境調整行動を実施しているときの想像温度は、実施していないときよりも有意に高くなった。このことは、ヒトは暑さや不快を感じると環境調整行動を組み合わせ、「住みこなし」を行なっている実態と考えられる。

第6章

熱中症対策に着目した 住みこなしのための想像温度の活用

6-1. はじめに

6-1-1. 本章の目的

第3章から第5章では、「住みこなし」のための想像温度の評価を行なった。「住みこなし」には「不快でない」状態の認知が必要であり、この「不快でない」の評価には、想像温度が有用であることを明らかにした。また「不快でない」状態を認知して、ヒト自らがそのような環境を調整する「住みこなし」は、我慢をしないで住まう基準になると考えられる。さらに、「不快でない」状態が身体内部の熱さや身体周囲の暑さを感じる前の心理量であることを明らかにした。これらのことから、想像温度は「住みこなし」に活用できることを示した。さらに想像温度の特徴や有用性を網羅的に明らかにした。

本章では、「住みこなし」のための想像温度の活用方法を提案する。具体的には、第5章で実施した夏季の調査結果を用いて、夏季の熱中症危険度の判定における想像温度の活用方法の提案を目的とする。

6-1-2. 熱中症危険度に着目する理由と想像温度の関係について

近年、わが国の熱中症救急搬送者数は増加傾向にあり、社会問題になりつつある。総務省消防庁の公表値によると、わが国の熱中症救急搬送者数は、2018年6月1日から9月30日の間に92,710人となり、過去最高を記録している¹⁵²⁾。また熱中症は、調査年・都道府県によらず住宅での発生が全体の約40%で最も多い。これらのことから、住宅における熱中症対策の検討が必要と考えられる。

第1章でも述べたとおり、わが国の熱中症危険度の評価には、国際標準にもなっている湿球黒球温度（WBGT：Wet Bulb Globe Temperature）が用いられている。例えば環境省では、WBGTの推計値に基づき熱中症危険度を5段階で判定し、熱中症予防対策のための情報発信を行なっている¹⁵³⁾。しかしWBGTの計算には湿球温度・黒球温度・乾球温度の3つが必要であり、一般家庭において正確なWBGTの継続的な表示は困難である。このことから、居住者は実生活下において熱中症危険度を簡便に確認することは困難である。

熱中症危険度の評価手法に関する変遷は中井¹⁵⁴⁾がまとめている。わが国で初めて熱中症危険度を判定する手法が提起されたのは1897年まで遡り、当時は「外気温度が34°Cに至るとき」のみの定義であった。その後、1957年にはYaglouらによりWBGTが提起され、職種

や運動の程度ごとに WBGT の危険域が提示されるなど、現代においても広く利用されている。

一方で、第1章でも述べたが、Francesca et al.⁴¹⁾は、ヒトが WBGT の値と空気温度を混同して認知しており、普段経験している温熱感覚に基づいて熱中症危険度を解釈している場合が多いことを指摘している。そのため、近年では WBGT に代わり熱中症危険度を判定する手法を提案している研究も数多くある。例えば、堀越ら¹⁵⁵⁾は、WBGT が実際の気温よりも低く表示されることに対して居住者の感覚と合致しないことを懸念し、居住者の感覚と合致する相対湿度 50%を基準とした WBGT50 を提案している。そのほか、SNS に挙げられたワードをもとに熱中症救急搬送者数を予測するという実践例^{例えば156)}や、血行動態変化を汎用一眼レフカメラにより把握し熱中症予防に役立てようとする研究¹⁵⁷⁾もある。このように、熱中症危険度を WBGT に代わる指標で判定する手法も提案されつつあるが、高度な知識を要するものや最新技術を駆使したものが含まれており、必ずしも一般的に利用できるものとは限らない。

また、熱中症危険度や熱中症死亡率と気温の関係には地域差があることが気象学的な分析により明らかになりつつある。例えば Fujibe et al.¹⁵⁸⁾は、日本全域を対象に日々の熱中症死亡率と気温の関係を調査し、同一の気温の場合、夏季の平均気温が低い地域で熱中症死亡率が高くなることを明らかにしている。また Akatsuka et al.¹⁵⁹⁾は、山梨県内 6 地域を対象に熱中症発生率と日最高気温・日最高 WBGT の関係を調査し、熱中症が発生する温度の閾値等が山梨県内の 6 地域で異なることを示している。さらに熱中症対策の基準は地域毎に決定する必要があることを指摘している。

これらのことから、熱中症危険度を簡便に判定する手法として地域差を考慮でき居住者が普段経験している温熱感覚に基づく指標が良いと考えられる。このため、本研究のこれまでの結果から、想像温度は熱中症危険度の判定に活用できると考えられる。

なお本章では、第5章の調査結果を用いるため、調査の詳細は「5-2. 調査の概要」を、調査時の温熱環境実測やアンケートの結果は「5-3. 調査結果」を参照されたい。

6-2. 調査結果

先述のとおり、わが国における熱中症危険度の評価には WBGT が用いられている。図 6-2-1 に調査期間中における各都市の日最高 WBGT と北海道における日別の熱中症救急搬送者数を示す。なお、日最高 WBGT は気象庁の公開データから作成し¹⁶⁰⁾、熱中症救急搬送者数は消防庁の公開データを用いた¹⁵²⁾。

日最高 WBGT は、2021 年 8 月 9 日以降に低下しているが、これは図 5-3-1 で示した外気温度の低下に伴い、WBGT も低下していると考えられる。日最高 WBGT は、札幌市と帯広市で 31°C を記録している。WBGT が 31.0°C 以上になると「危険」と判断される。そのため、わが国で比較的寒冷的な気候である北海道においても、熱中症のリスクが高いことが示された。

また、調査を行なった 2021 年は、北海道における熱中症救急搬送者数が最も多くなった。消防庁では都道府県別の熱中症救急搬送者数のみが公開されているため留意が必要であるが、日最高 WBGT が高くなれば、熱中症救急搬送者数も増加する傾向がみられる。

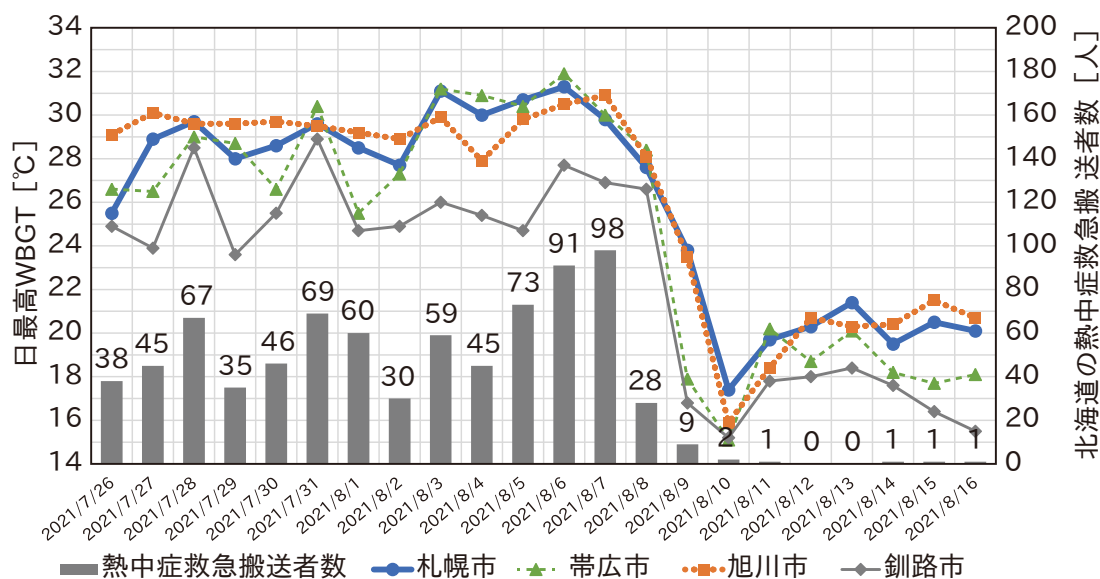


図 6-2-1. 各都市の日最高 WBGT と熱中症救急搬送者数

図 6-2-2 にアンケート回答時の WBGT を示す。なお、有意水準 p を 0.05 と定めて Kruskal-Wallis 検定を行ない、有意水準が $p < 0.05$ となることを確認した後に、有意水準 p を 0.05 と定めて実施した Steel-Dwass 法による多重比較検定の結果も併せて示す。

また本研究では、WBGT を第 2 章で示した式 2-3 で算出した（式を再掲）。

$$WBGT = 0.7T_b + 0.3T_g \quad (2-3)$$

ここで、 T_b は湿球温度[°C]、 T_g は小型グローブ温度[°C]である。

アンケート回答時の WBGT は、中央値が全ての都市で 25.0°C 以上であり、回答の半数以上が熱中症危険度の「警戒」以上であった。

アンケート回答時の最高 WBGT は、札幌市と帯広市で 31.0°C 以上になり、熱中症危険度が危険の範囲にある。このことから、上述の分析と同様に、わが国において比較的寒冷的な北海道でも熱中症のリスクが高いことが示された。また WBGT は札幌市の方が釧路市よりも有意に高いが、これは、アンケート回答時の空気温度・小型グローブ温度が札幌市の方が釧路市よりも有意に高いことが影響していると考えられる（図 5-3-4 から図 5-3-6 を参照のこと）。

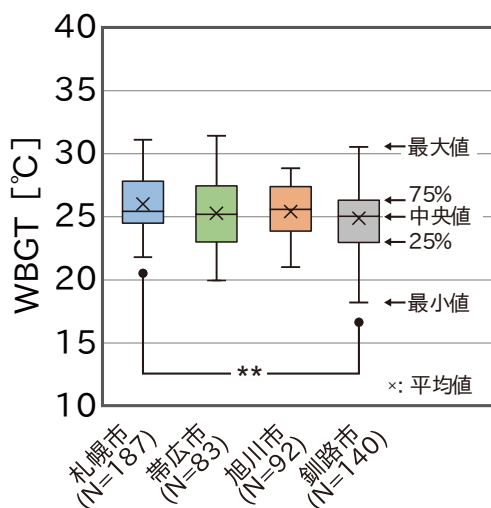


図 6-2-2. アンケート回答時の WBGT (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

図 6-2-3 に、WBGT に基づく熱中症危険度と居住者が申告した熱中症危険度の関係を示す。なおアンケートでは、熱中症予防運動指針を参考にした用語と解説を示したうえで、アンケート回答時の熱中症危険度を回答してもらっている。居住者が申告した熱中症危険度は、全ての都市の 80%以上で WBGT に基づく熱中症危険度より低いレベルで申告されており、すなわち居住者は、熱中症危険度を過小評価していた。これは、既往研究の結果^{161~163}と同様の傾向であった。このことから、ヒト自らが熱中症危険度を判定できる方法の必要性が改めて確認された。熱中症危険度を適切に認知させることで、熱中症予防のための夏季の「住みこなし」をヒト自らが行なうことが可能になると考えられる。そこで以降では、想像温度が熱中症危険度の判定に有用かを明らかにする。

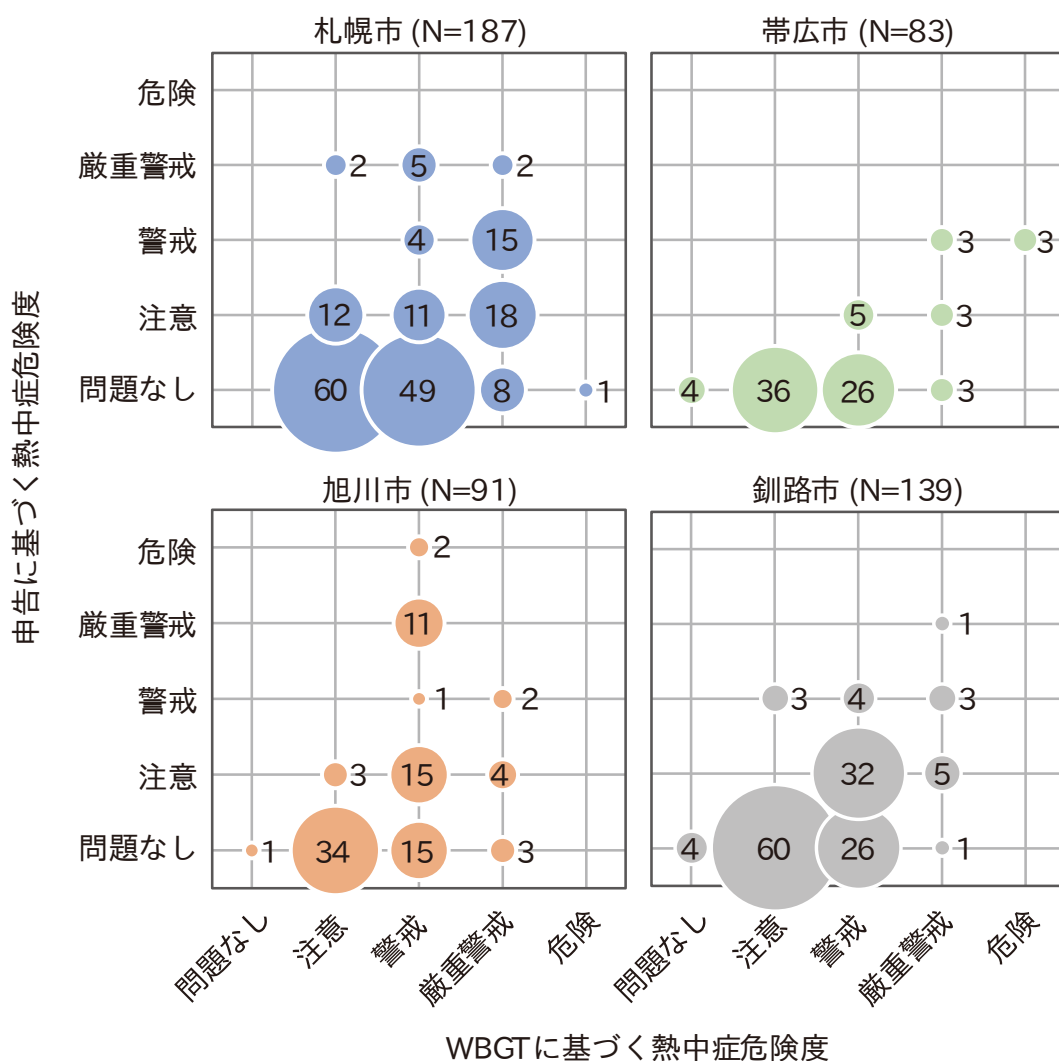


図 6-2-3. WBGT に基づく熱中症危険度と居住者が申告した熱中症危険度の差異

6-3. 想像温度による熱中症危険度の判定

6-3-1. 熱中症危険度と「不快でない」の関係

日本生気象学会によると、WBGTが25°C未満であれば、一般に熱中症の危険性は低いとしている¹⁶⁴⁾。そこで本研究では、WBGTに基づく熱中症危険度を「注意以下(WBGT<25°C)」と「警戒以上(WBGT≥25°C)」に分けて分析する。また、注意以下・警戒以上と関連がある心理量を抽出し、熱中症危険度の判定に対して、WBGTに基づく熱中症危険度と心理量のどちらがより適切に判定可能かを分析する。そこでまず、本研究で着目している「不快でない」を含む快不快感と注意以下・警戒以上との関係を明らかにする。そのために、有意水準pを0.05と定めた χ^2 検定と残差分析を行なった。得られた結果を表6-3-1に示す。

χ^2 検定の結果、全ての都市で快不快感と注意以下・警戒以上との間には関連が認められた(p<0.01、V>0.25¹⁶⁵⁾)。また残差分析の結果、全ての都市において、注意以下(WBGT<25°C)のときに「快適」申告の割合が、警戒以上(WBGT≥25°C)のときに「不快」申告の割合が高い(p<0.01)。しかし「不快でない」申告は、帯広市で警戒以上のときに申告割合が有意に高くなるが(p<0.01)、札幌市・旭川市・釧路市では有意差が認められず、注意以下・警戒以上で「不快でない」の申告割合に差がないことが示された。これは、「不快でない」状態が「不快」や「快適」よりも広い範囲の温度帯で発現する可能性があるためと考えられる。このことから、本章では「不快でない」ではなく「不快」に着目して分析を行なった。

表 6-3-1. 「不快でない」と注意以下・警戒以上の関係

都市	快不快感	WBGT <25°C	WBGT ≥25°C	独立性の検定 (下段は連関係数 V)
札幌市	快適	36 (+)	33 (-)	p<0.001 Cramer's V=0.296
	不快でない	31 (n.s.)	41 (n.s.)	
	不快	7 (-)	39 (+)	
帯広市	快適	28 (+)	7 (-)	p<0.001 Cramer's V=0.578
	不快でない	12 (-)	26 (+)	
	不快	0 (-)	10 (+)	
旭川市	快適	28 (+)	3 (-)	p<0.001 Cramer's V=0.758
	不快でない	10 (n.s.)	21 (n.s.)	
	不快	0 (-)	30 (+)	
釧路市	快適	30 (+)	9 (-)	p<0.001 Cramer's V=0.426
	不快でない	34 (n.s.)	37 (n.s.)	
	不快	5 (-)	26 (+)	

※残差分析：有意に多い (+)、有意に少ない (-)、差がない (n.s.)

6-3-2. 熱中症危険度と心理量の関係

WBGTに基づく注意以下・警戒以上と心理量の関係の有無は、有意水準 p を0.05と定めて実施した χ^2 検定の結果とクラメールの連関係数 V から判断する。なお心理量は、寒暑感で「寒い～どちらでもない」と「やや暑い～とても暑い」のように2群に分けて分析した。また快不快感は表6-3-1で分析を行なっているが、「不快」と「不快でない・快適」の2群に分けて、再度分析を行なった。

χ^2 検定の結果とクラメールの連関係数 V を次ページ表6-3-2に示す。WBGTに基づく注意以下・警戒以上と快不快感・寒暑感・体熱感は全ての都市で $p<0.01$ となり、それぞれの間には関連がある。すなわち、警戒以上(WBGT $\geq 25^{\circ}\text{C}$)のとき、ヒトは身体内部の熱さや身体周囲の暑さ、さらには不快に感じる割合が、注意以下(WBGT $< 25^{\circ}\text{C}$)のときよりも高くなることが明らかになった。また、快不快感・寒暑感・体熱感のクラメールの連関係数 V は全ての都市で0.25以上であり、関連の強さも確認できた。

一方、気流感は、札幌市でクラメールの連関係数 $V<0.25$ となり関連が強いとは言えず、また釧路市で $p>0.05$ となり関連が認められなかった。発汗感は、全ての都市で有意差が認められたが($p<0.01$)、札幌市でクラメールの連関係数 $V<0.25$ となり関連の強さは認められず、同様に許容度は、全ての都市で有意差が認められたが(帯広市： $p<0.05$ 、札幌市・旭川市・釧路市： $p<0.01$)、札幌市と帯広市でクラメールの連関係数 $V<0.25$ となり関連の強さは認められなかった。また居住者が想像する熱中症危険度は、釧路市で有意差が認められなかった。このように、快不快感・寒暑感・体熱感以外の心理量は、都市によりいずれかが $p>0.05$ や $V<0.25$ となり、熱中症危険度との関連の有無やその強さにばらつきがある。これらのことは、都市毎の回答者属性や環境調整行動の影響と考えられるが、快不快感・寒暑感・体熱感には都市・属性等の影響が小さく、熱中症危険度と関連する心理量であることが考えられる。

そこで以降では、①WBGTに基づく「注意以下」・「警戒以上」と、心理量である②快不快感、③寒暑感、④体熱感の4項目を用いて分析を行なう。

表 6-3-2. 熱中症危険度と心理量の関係

		札幌市			帯広市		
		WBGT <25℃	WBGT ≥25℃	p値および クラメールの連関係数V	WBGT <25℃	WBGT ≥25℃	p値および クラメールの連関係数V
快不快感	快適（心地良い）・不快でない 不快	67 7	74 39	p<0.001 連関係数V=0.284	39 0	33 10	p=0.001 連関係数V=0.355
寒暑感	寒い～どちらでもない やや～とても暑い	53 21	49 64	p<0.001 連関係数V=0.278	37 3	16 27	p<0.001 連関係数V=0.575
体熱感	熱さを感じない やや～とても熱さを感じる	52 22	43 70	p<0.001 連関係数V=0.315	32 7	10 33	p<0.001 連関係数V=0.587
気流感	やや～とても気流を感じる 気流を感じない	37 37	76 37	p=0.018 連関係数V=0.173	4 35	19 24	p<0.001 連関係数V=0.377
発汗感	汗をかいていない 汗をかいている	62 12	70 43	p=0.001 連関係数V=0.234	35 4	22 21	p<0.001 連関係数V=0.419
許容度	受け入れられる 受け入れられない	69 5	88 25	p=0.005 連関係数V=0.205	38 1	36 7	p=0.037 連関係数V=0.231
熱中症 危険度	問題なし・注意 警戒・嚴重警戒・危険	72 87	2 6	p<0.001 連関係数V=0.278	40 0	37 6	p=0.0142 連関係数V=0.269

		旭川市			釧路市		
		WBGT <25℃	WBGT ≥25℃	p値および クラメールの連関係数V	WBGT <25℃	WBGT ≥25℃	p値および クラメールの連関係数V
快不快感	快適（心地良い）・不快でない 不快	38 0	24 30	p<0.001 連関係数V=0.584	63 3	46 26	p<0.001 連関係数V=0.387
寒暑感	寒い～どちらでもない やや～とても暑い	33 5	14 40	p<0.001 連関係数V=0.6	57 9	16 56	p<0.001 連関係数V=0.642
体熱感	熱さを感じない やや～とても熱さを感じる	26 12	6 48	p<0.001 連関係数V=0.592	53 12	14 56	p<0.001 連関係数V=0.615
気流感	やや～とても気流を感じる 気流を感じない	17 21	10 44	p=0.007 連関係数V=0.284	29 38	33 38	p=0.706 連関係数V=0.032
発汗感	汗をかいていない 汗をかいている	33 5	22 32	p<0.001 連関係数V=0.463	56 9	35 37	p<0.001 連関係数V=0.397
許容度	受け入れられる 受け入れられない	38 0	34 20	p<0.001 連関係数V=0.442	63 1	58 13	p=0.001 連関係数V=0.274
熱中症 危険度	問題なし・注意 警戒・嚴重警戒・危険	38 0	37 16	p<0.001 連関係数V=0.391	64 3	64 8	p=0.148 連関係数V=0.123

□ : p>0.05 斜線はクラメールの連関係数V<0.25

6-3-3. ロジスティック回帰分析の結果

前項で得られた、①WBGT \geq 25°C となる「警戒以上率」、②快不快感で「不快」と申告する「不快申告率」、③寒暑感で「やや暑い」から「とても暑い」と申告する「暑熱申告率」、④体熱感で「やや熱さを感じる」から「とても熱さを感じる」と申告する「体熱感申告率」の4つの発生確率に着目して分析を行なう。本研究では、①から④を目的変数、空気温度・想像温度をそれぞれ説明変数としたロジスティック回帰分析を用いることとした。ロジスティック回帰分析により得られる回帰式は式6-1である。

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(a+bT)}} \quad (6-1)$$

ここで、 P は①から④の確率、 T は空気温度[°C]または想像温度[°C]、 e はネイピア数である。 a と b は係数であり、最尤法により求めた。式6-1は、 T の上昇に応じて、 P が限りなく0に近い値から限りなく1に近い値に収束する特徴があり、ある発生確率に対応する空気温度・想像温度を求めることができる。また、ロジスティック回帰分析では、通常、発生確率50%を閾値として扱うため¹⁶⁶⁾、本研究では①から④の発生確率50%を閾値として分析を行なった。

なお本節では、熱中症危険度の判定に対して想像温度が活用できるのかを明らかにすることを目的としている。また熱中症は、空気温度または想像温度が低い温度のとき、その発症の可能性が低くなると考えられる。そのため、①から④の発生確率が50%になるときの空気温度と想像温度を比較して、どちらがより低い温度になるかを確認する。これにより、ヒトの認知情報である想像温度が空気温度と同様に、熱中症危険度を判定可能かの考察ができると考えた。

ロジスティック回帰分析により得られた回帰式について、想像温度と空気温度の比較には、回帰モデルの当てはまりを図る指標であるNagelkerkeの擬似決定係数 R^2 、ロジスティック回帰分析により予測したデータの総数のうち観測値を正しく予測できたデータ数の割合である正解率、複数の統計モデルの相対的な良さを比較するための統計量であるAIC（赤池情報量規準（Akaike's Information Criterion））の3つを用いて総合的な分析を行なった。

(1) 警戒以上率に対するロジスティック回帰分析

警戒以上率に対するロジスティック回帰分析の結果を次ページ図 6-3-1 に、その詳細を次ページ表 6-3-3 に示す。

空気温度を用いた回帰モデルは、擬似決定係数 R^2 が全ての都市で 0.9 以上と大きく、当てはまりが良い。また正解率は、全ての都市で約 95% であり、空気温度のみではほぼすべてを判定していた。これは WBGT の算定に必要な湿球温度を空気温度と相対湿度から計算しているためと考えられる。

一方で、想像温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、帯広市が 0.77、旭川市が 0.76、釧路市が 0.61 であり、比較的大きい。一方、札幌市の想像温度を用いた場合の回帰モデルは、擬似決定係数 R^2 が 0.18 であり、他の都市と比較してモデルが十分に適合しない。これは、回答者の性別や、エアコン使用の有無といった環境調整行動の影響を加味して分析していないことなどの影響も考えられる。想像温度を用いた回帰モデルの正解率は、札幌市が 69.0%、帯広市が 88.0%、旭川市が 90.2%、釧路市が 84.3% であり、帯広市・旭川市・釧路市では空気温度と同程度の正解率が得られている。

回帰モデルの AIC は、想像温度と空気温度のそれぞれについて、札幌市が 226.68 と 40.96、帯広市が 47.91 と 21.75、旭川市が 52.11 と 24.31、釧路市が 109.54 と 26.81 であり、全ての都市で空気温度の方が想像温度よりも小さくなった。AIC はその値が小さい回帰モデルの方が相対的に良い回帰モデルと判断することができるため、警戒以上率に対するロジスティック回帰分析では空気温度を用いた方が良い回帰モデルが得られると考えられる。しかし前述のとおり、警戒以上率の根拠となる WBGT の算出に空気温度を用いているため、空気温度を用いた回帰モデルの当てはまりが良くなるのは当然と考えられる。一方で、想像温度は WBGT の算出に用いていないが、想像温度による回帰モデルは、札幌市以外の 3 都市において、空気温度と同程度に WBGT に基づく警戒以上率を判定可能であることが明らかになった。このことから、想像温度は警戒以上率の判定に対して活用できることが示唆された。

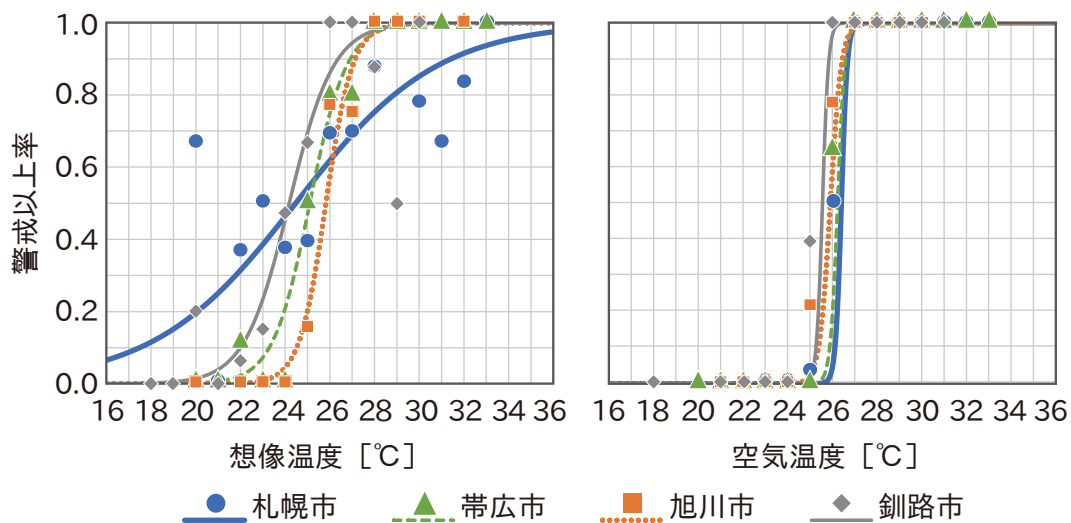


図 6-3-1. 警戒以上率に対するロジスティック回帰分析の結果

表 6-3-3. 警戒以上率に対するロジスティック回帰分析の結果詳細

警戒以上率	式 6-1 の		R ² ※	AIC	正解率	p 値	
	a	b					
札幌市	空気温度	-200.12	7.58	0.92	40.96	95.7%	p<0.001
	想像温度	-7.71	0.31	0.18	226.68	69.0%	p<0.001
帯広市	空気温度	-161.94	6.17	0.92	21.75	95.2%	p<0.001
	想像温度	-30.32	1.21	0.77	47.91	88.0%	p<0.001
旭川市	空気温度	-104.89	4.05	0.91	24.31	94.6%	p<0.001
	想像温度	-43.13	1.67	0.76	52.11	90.2%	p<0.001
釧路市	空気温度	-190.93	7.47	0.94	26.81	95.7%	p<0.001
	想像温度	-24.21	1.00	0.61	109.54	84.3%	p<0.001

※Nagelkerke の擬似決定係数 R²

(2) 不快申告率に対するロジスティック回帰分析

不快申告率に対するロジスティック回帰分析の結果を次ページ図 6-3-2 に、その詳細を次ページ表 6-3-4 に示す。

空気温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、札幌市が 0.25、帯広市が 0.53、旭川市が 0.47、釧路市が 0.19 であり、札幌市と釧路市で当てはまりが良いとは言えない。一方で正解率は、札幌市が 81.8%、帯広市が 91.6%、旭川市が 76.1%、釧路市が 77.9% であり、全ての都市で 75% 以上であった。

想像温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、札幌市が 0.47、帯広市が 0.65、旭川市が 0.69、釧路市が 0.56 であり、全ての都市で空気温度を用いた回帰モデルよりも大きい。

また、想像温度を用いた回帰モデルの正解率は、札幌市が 85.0%、帯広市が 92.8%、旭川市が 89.1%、釧路市が 85.0% であり、擬似決定係数 R^2 と同様に全ての都市で空気温度を用いた回帰モデルよりも高い。

さらに回帰モデルの AIC は、想像温度と空気温度のそれぞれについて、札幌市が 141.62 と 177.93、帯広市が 30.72 と 38.40、旭川市が 56.86 と 82.82、釧路市が 84.24 と 127.46 であり、全ての都市で想像温度の方が空気温度よりも小さくなった。

これらのことから、不快申告率に対するロジスティック回帰分析では、想像温度を用いた方が良い回帰モデルが得られることが明らかになった。これは、第 5 章で得られた結果と矛盾しない結果である。なお、不快申告率と「不快でない・快適」申告率と従属の関係がある。そのため本研究で着目している「不快でない」を予測する際にも、想像温度の方が空気温度よりも良い回帰モデルが得られることが示唆された。

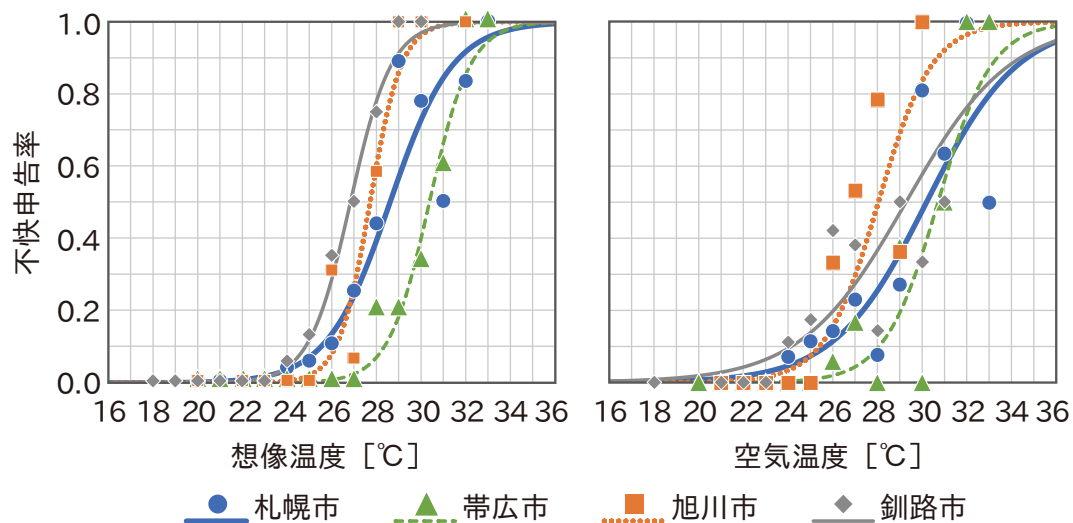


図 6-3-2. 不快申告率に対するロジスティック回帰分析の結果

表 6-3-4. 不快申告率に対するロジスティック回帰分析の結果詳細

不快申告率	式 6-1 の		R ² ※	AIC	正解率	p 値	
	a	b					
札幌市	空気温度	-14.74	0.49	0.25	177.93	81.8%	p<0.001
	想像温度	-20.34	0.71	0.47	141.62	85.0%	p<0.001
帯広市	空気温度	-25.58	0.83	0.53	38.40	91.6%	p<0.001
	想像温度	-33.01	1.09	0.65	30.72	92.8%	p<0.001
旭川市	空気温度	-23.36	0.83	0.47	82.82	76.1%	p<0.001
	想像温度	-39.31	1.42	0.69	56.86	89.1%	p<0.001
釧路市	空気温度	-12.56	0.43	0.19	127.46	77.9%	p<0.001
	想像温度	-29.23	1.09	0.56	84.24	85.0%	p<0.001

※Nagelkerke の擬似決定係数 R²

(3) 暑熱申告率に対するロジスティック回帰分析

暑熱申告率に対するロジスティック回帰分析の結果を次ページ図 6-3-3 に、その詳細を次ページ表 6-3-5 に示す。

空気温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、札幌市が 0.30、帯広市が 0.54、旭川市が 0.38、釧路市が 0.53 であり、札幌市と旭川市で当てはまりが良いとは言えない。また正解率は、札幌市が 67.9%、帯広市が 83.1%、旭川市が 75.0%、釧路市が 77.9%であり、札幌市の正解率が他の3都市よりも低い。

一方で、想像温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、札幌市が 0.50、帯広市が 0.61、旭川市が 0.55、釧路市が 0.73 であり、全ての都市で空気温度を用いた回帰モデルよりも大きい。

また、想像温度を用いた回帰モデルの正解率は、札幌市が 75.9%、帯広市が 84.3%、旭川市が 77.2%、釧路市が 89.3%であり、擬似決定係数 R^2 と同様に全ての都市で空気温度を用いた回帰モデルよりも高い。

さらに回帰モデルの AIC は、想像温度と空気温度のそれぞれについて、札幌市が 173.60 と 214.66、帯広市が 63.26 と 71.25、旭川市が 83.12 と 100.53、釧路市が 84.18 と 124.88 であり、全ての都市で想像温度の方が空気温度よりも小さくなった。

これらのことから、不快申告率と同様に、暑熱申告率に対するロジスティック回帰分析では、想像温度を用いた方が良い回帰モデルが得られることが明らかになった。これは、第5章で得られた結果と矛盾しない結果である。

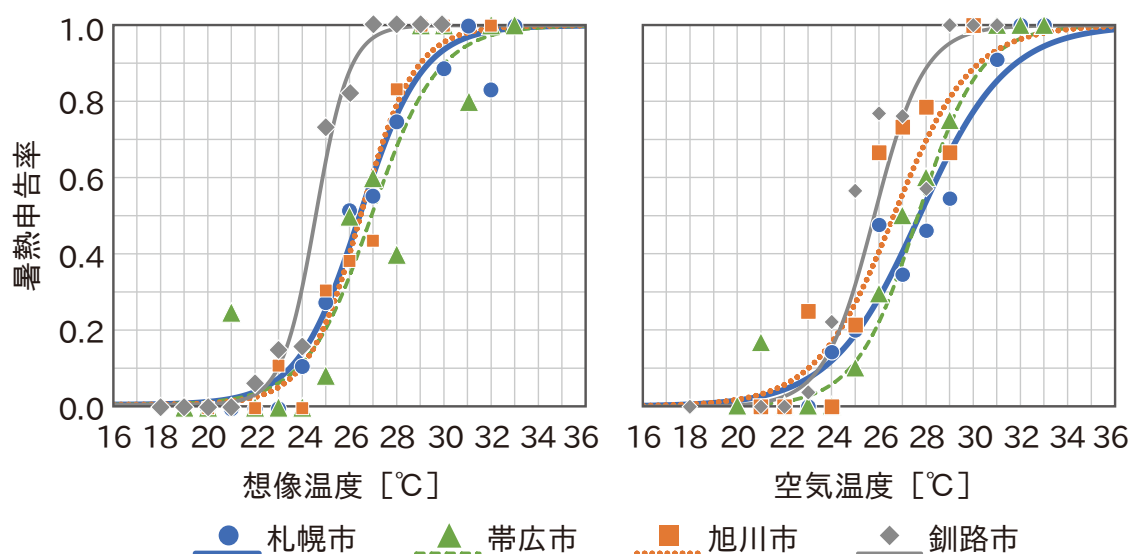


図 6-3-3. 暑熱申告率に対するロジスティック回帰分析の結果

表 6-3-5. 暑熱申告率に対するロジスティック回帰分析の結果詳細

暑熱申告率	式 6-1 の		R ² ※	AIC	正解率	p 値	
	a	b					
札幌市	空気温度	-14.85	0.54	0.30	214.66	67.9%	p<0.001
	想像温度	-19.93	0.75	0.50	173.60	75.9%	p<0.001
帯広市	空気温度	-21.01	0.76	0.54	71.25	83.1%	p<0.001
	想像温度	-19.16	0.71	0.61	63.26	84.3%	p<0.001
旭川市	空気温度	-16.17	0.61	0.38	100.53	75.0%	p<0.001
	想像温度	-23.03	0.87	0.55	83.12	77.2%	p<0.001
釧路市	空気温度	-24.21	0.94	0.53	124.88	77.9%	p<0.001
	想像温度	-34.16	1.39	0.73	84.18	89.3%	p<0.001

※Nagelkerke の擬似決定係数 R²

(4) 体熱感申告率に対するロジスティック回帰分析

体熱感申告率に対するロジスティック回帰分析の結果を次ページ図 6-3-4 に、その詳細を次ページ表 6-3-6 に示す。

空気温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、札幌市が 0.32、帯広市が 0.46、旭川市が 0.40、釧路市が 0.49 であり、不快申告率や暑熱申告率と比較すると全般に当てはまりが良いとは言えない。また正解率は、札幌市が 70.6%、帯広市が 80.7%、旭川市が 79.3%、釧路市が 78.6%であり、札幌市の正解率が他の3都市よりも低い。

一方で、想像温度を用いた回帰モデルの擬似決定係数 R^2 は、札幌市が 0.42、帯広市が 0.54、旭川市が 0.47、釧路市が 0.64 であり、全ての都市で空気温度を用いた回帰モデルよりも大きい。

また、想像温度を用いた回帰モデルの正解率は、札幌市が 73.3%、帯広市が 86.7%、旭川市が 73.9%、釧路市が 84.3%であり、旭川市では空気温度を用いた回帰モデルの方が高いが、他の3都市では擬似決定係数 R^2 と同様に空気温度を用いた回帰モデルよりも高い。

さらに回帰モデルの AIC は、想像温度と空気温度のそれぞれについて、札幌市が 191.45 と 212.12、帯広市が 74.58 と 82.81、旭川市が 84.33 と 91.74、釧路市が 101.70 と 130.03 であり、全ての都市で想像温度の方が空気温度よりも小さくなった。

これらのことから、不快申告率・暑熱申告率と同様に、体熱感申告率に対するロジスティック回帰分析では、想像温度を用いた方が良い回帰モデルが得られると考えられる。これは、第5章で得られた結果と矛盾しない結果である。なお、体熱感申告率の擬似決定係数 R^2 は、釧路市以外の3都市で不快申告率・暑熱申告率よりも小さい。体熱感は身体内部の熱さ感であるため、代謝量などの影響がある可能性が示唆された。

これまでの分析結果をまとめると、不快申告率・暑熱申告率・体熱感申告率を予測する際には、想像温度を用いることが妥当と考えられる。

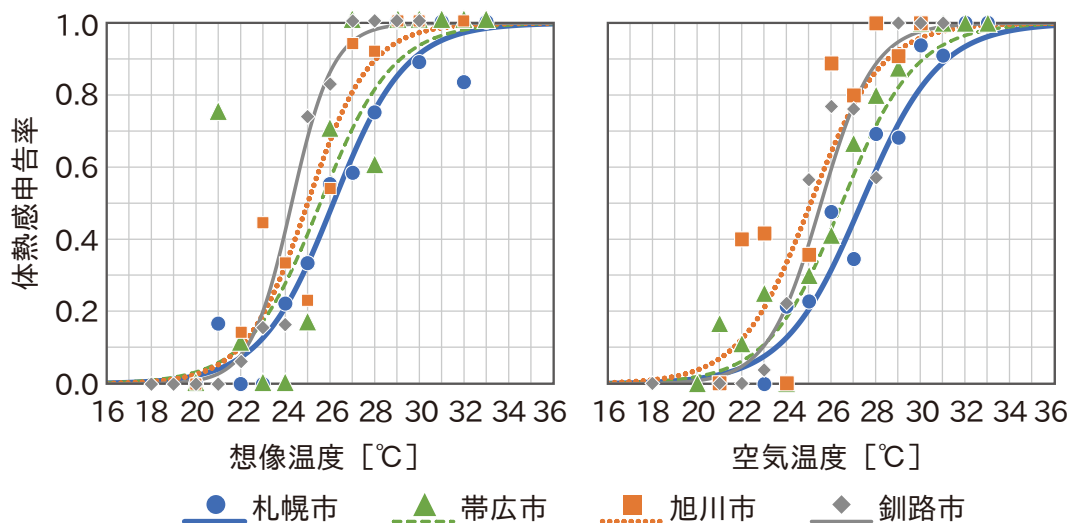


図 6-3-4. 体熱感申告率に対するロジスティック回帰分析の結果

表 6-3-6. 体熱感申告率に対するロジスティック回帰分析の結果詳細

体熱感申告率	式 6-1 の		R ² ※	AIC	正解率	p 値	
	a	b					
札幌市	空気温度	-15.67	0.57	0.32	212.12	70.6%	p<0.001
	想像温度	-16.06	0.61	0.42	191.45	73.3%	p<0.001
帯広市	空気温度	-15.97	0.60	0.46	82.81	80.7%	p<0.001
	想像温度	-15.61	0.61	0.54	74.58	86.7%	p<0.001
旭川市	空気温度	-15.94	0.64	0.40	91.74	79.3%	p<0.001
	想像温度	-17.97	0.72	0.47	84.33	73.9%	p<0.001
釧路市	空気温度	-21.39	0.84	0.49	130.03	78.6%	p<0.001
	想像温度	-26.11	1.08	0.64	101.70	84.3%	p<0.001

※Nagelkerke の擬似決定係数 R²

6-3-4. 発生確率 50%のときの想像温度と空気温度の比較

表 6-3-7 に①から④の発生確率が 50%のときの想像温度と空気温度、その温度差（想像温度－空気温度）を示す。発生確率 50%のときの想像温度は、空気温度と比較して、警戒以上率で平均 1.1℃、不快申告率で平均 1.2℃、暑熱申告率で平均 0.8℃、体熱感申告率で平均 0.9℃ 低い。このことから、想像温度は警戒以上率とそれに関連する心理量の発生確率について、空気温度より低い温度で判定可能であることが明らかになった。また、警戒以上率が 50%のときの想像温度は、不快申告率・暑熱申告率・体熱感申告率が 50%のときの想像温度と比較すると、不快申告率で平均 3.4℃、暑熱申告率で平均 1.3℃、体熱感申告率で平均 0.4℃ 低くなり、警戒以上率が 50%のときの想像温度が最も低くなる。このことから、想像温度により居住者自らが熱中症危険度を判定する場合には、警戒以上率を用いた方が、熱中症危険度に関係する心理量よりも低い温度で判定可能なことが明らかになった。

表 6-3-7. ①から④の発生確率 50%となるとき想像温度と空気温度およびその差

		①警戒以上率		②不快申告率	
		確率 50%の ときの温度	温度差	確率 50%の ときの温度	温度差
札幌市	空気温度	26.4℃	-1.9℃	30.1℃	-1.5℃
	想像温度	24.5℃		28.6℃	
帯広市	空気温度	26.2℃	-1.1℃	30.7℃	-0.4℃
	想像温度	25.1℃		30.3℃	
旭川市	空気温度	25.9℃	-0.1℃	28.0℃	-0.3℃
	想像温度	25.8℃		27.7℃	
釧路市	空気温度	25.6℃	-1.4℃	29.3℃	-2.5℃
	想像温度	24.2℃		26.8℃	
		③暑熱申告率		④体熱感申告率	
		確率 50%の ときの温度	温度差	確率 50%の ときの温度	温度差
札幌市	空気温度	27.5℃	-1.0℃	27.5℃	-1.4℃
	想像温度	26.5℃		26.1℃	
帯広市	空気温度	27.7℃	-0.7℃	26.5℃	-0.9℃
	想像温度	27.0℃		25.6℃	
旭川市	空気温度	26.6℃	-0.1℃	25.1℃	-0.1℃
	想像温度	26.5℃		25.0℃	
釧路市	空気温度	25.8℃	-1.2℃	25.5℃	-1.2℃
	想像温度	24.6℃		24.3℃	

6-3-5. ロジスティック回帰分析に基づく地域差の考察

表 6-3-8 に、①から④の発生確率が 50%になるときの、空気温度・想像温度のそれぞれの最高・最低温度と、その温度差を示す。①から④の発生確率が 50%になるとき、空気温度の最高・最低温度の差は 0.8°C~2.7°C、想像温度の場合は 1.6°C~3.5°C となり地域により顕著な差がある。また、想像温度の最高・最低温度の差は、空気温度と比較して、警戒以上率で 0.8°C、不快申告率で 0.8°C、暑熱申告率で 0.5°C 大きい。一方で、体熱感発生率では、空気温度の最高温度・最低温度の差は想像温度と比較して 0.6°C 大きい。このことから本研究で着目した①から④の 4 項目のうち、想像温度は体熱感申告率を除く 3 項目で空気温度と比較して地域差が明確になり、想像温度は温熱環境の地域性を考慮した熱中症危険度の判定指標となる可能性が示された。

表 6-3-8. ①から④の発生確率が 50%になるときの想像温度・空気温度のそれぞれの最高・最低温度とその温度差

		最高温度	最低温度	差
①警戒以上率	空気温度	26.4°C(札幌市)	25.6°C(釧路市)	0.8K
	想像温度	25.8°C(旭川市)	24.2°C(釧路市)	1.6°C
②不快申告率	空気温度	30.7°C(帯広市)	28.0°C(旭川市)	2.7K
	想像温度	30.3°C(帯広市)	26.8°C(釧路市)	3.5°C
③暑熱申告率	空気温度	27.7°C(帯広市)	25.8°C(釧路市)	1.9K
	想像温度	27.0°C(帯広市)	24.6°C(釧路市)	2.4°C
④体熱感申告率	空気温度	27.5°C(札幌市)	25.1°C(旭川市)	2.4K
	想像温度	26.1°C(札幌市)	24.3°C(釧路市)	1.8°C

6-4. 住みこなしのための想像温度の活用方法の提案

6-4-1. 熱中症対策における想像温度の活用方法の提案

前節で得られた結果を用いて、「住みこなし」の1つとして夏季の熱中症に着目し、熱中症対策における想像温度の活用方法を提案する。まず、ロジスティック回帰分析の結果から、警戒以上率が50%となるときの想像温度は、札幌市が24.5°C、帯広市が25.1°C、旭川市が25.8°C、釧路市が24.2°Cであった。ここで、ヒトが想像温度を認知しやすくするために、各想像温度を四捨五入する。この結果、熱中症危険度が警戒以上となる想像温度は、札幌市が25.0°C、帯広市が25.0°C、旭川市が26.0°C、釧路市が24.0°Cとなり、地域により最大で2.0°Cの差がある。この結果を図6-4-1に示す。この想像温度は、ヒトが熱中症対策を始める際のきっかけになると考えられる。なおこれは、想像温度の申告はしているが空気温度の確認は行っていないヒトを対象とした調査結果である。熱中症対策には、外気温度が室内の空気温度よりも低ければ窓を開けることや、飲み物を飲むこと、日射遮蔽を行なうことなど、様々な環境調整行動が考えられる。どのような環境調整行動が選択すべきかどうかは、各住宅のプランや窓配置に加え、外気温度や風向といった地域性により大きく変わる。そのため、住宅の設計時には、断熱・気密等の建築物ハードの性能向上に加えて、多様な環境調整行動を行なえるようなデザインにすることが重要と考えられる。また建築主へ「住みこなし」の方法を事前に教授することが求められる。なお熱中症は、死に至ることもある健康被害であるため、想像温度だけで熱中症危険度を判定するのではなく、温湿度計を設置して自身が曝されている物理的な温熱環境を確認することも重要と考えられる。

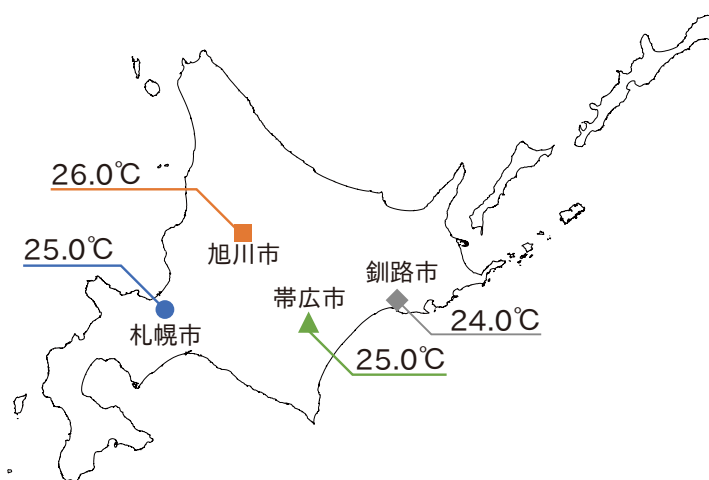


図6-4-1. 警戒以上率が50%になるときの想像温度

6-4-2. 「不快でない」状態を認知する際の想像温度

本章では熱中症対策に着目したが、日々の生活の中で「住みこなし」を実現するためには、ヒト自らが「不快でない」状態を認知することが重要と考えられる。第5章の分析結果から、「不快でない」申告時の想像温度の中央値が得られており、それらは札幌市と帯広市が26.0°C、旭川市が27.0°C、釧路市が24.0°Cであった。なお、「不快でない」申告時の想像温度は「不快」、「快適」のそれぞれと有意に異なり、またそれぞれの間位置する状態である。そのため、「不快でない」を目的変数としたロジスティック回帰分析を行なうと、「不快」と「快適」の双方の影響があり、当てはまりの良い回帰モデルが得られなかった。このことから、第5章の分析結果を用いて、「不快でない」状態となる際の想像温度を提案する。

「不快でない」申告時の想像温度（中央値）を地図にプロットしたものを図6-4-2に示す。この想像温度になるように環境調整行動を繰り返すことで、「住みこなし」の実現が図られると考えられる。なお、「住みこなし」が実現されていくことで、この想像温度に頼らずとも自らで環境調整行動の繰り返しができるようになる可能性がある。また、地域によって「不快でない」状態を認知する想像温度は異なるため、「住みこなし」も地域による差異が生じることが考えられる。

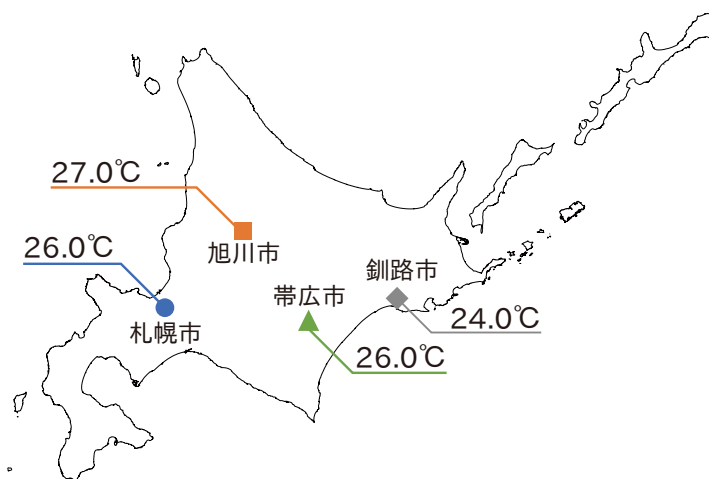


図6-4-2. 「不快でない」申告時の想像温度の中央値（第5章の結果）

第6章 熱中症対策に着目した住みこなしのための想像温度の活用

ここで、「不快でない」と「快適」申告時の想像温度の中央値およびそれらの平均を表 6-4-1 に示す。「不快でない」と「快適」申告時の想像温度（中央値）の平均は、札幌市が 25.0°C、帯広市が 24.0°C、旭川市が 25.5°C、釧路市が 23.5°Cであり、警戒以上率が 50%になるときの想像温度よりも低い。このことから、警戒以上率が 50%になるときの想像温度は、「不快でない」と「快適」申告時の想像温度（中央値）の間に位置していることがわかった。つまり、夏季においては、「不快でない」を基準に、さらにより「快適」な状態になるような「住みこなし」が行なえれば、熱中症対策にもなりえることを明らかになった。なおこれは、警戒以上率が 50%になる時の想像温度が安全側で判定していることを示唆していると考えられる。

このように、「住みこなし」には、「不快でない」状態の認知が重要であること示すことができ、本研究の定義と相違ない結果が得られた。またそのときの想像温度も明確になり、「住みこなし」の実現に向けた想像温度の活用方法を示すことができた。

表 6-4-1. 「不快でない」と「快適」申告時の想像温度の中央値とその平均
および警戒以上率 50%のときの想像温度

	不快でない	快適	平均	警戒以上率 50% のときの想像温度
札幌市	26.0°C	24.0°C	25.0°C	25.0°C
帯広市	26.0°C	22.0°C	24.0°C	25.0°C
旭川市	27.0°C	24.0°C	25.5°C	26.0°C
釧路市	24.0°C	23.0°C	23.5°C	24.0°C

6-5. 第6章のまとめ

本章では、夏季の熱中症に着目し、想像温度により熱中症危険度が判定できることを確認したうえで、ヒトが自ら熱中症予防を行なう際のきっかけとなる想像温度を明らかにした。このことを踏まえて、「住みこなし」のための想像温度の活用方法を提案した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 居住者が想像する熱中症危険度の80%以上は、WBGTに基づく熱中症危険度より低いレベルで申告されており、すなわち居住者は、熱中症危険度を過小評価していた。これは既往研究の結果と同様であった。このことから、居住者自らが熱中症危険度を判定できる手法の必要性が確認できた。
- 2) WBGTに基づく熱中症危険度の注意以下・警戒以上と心理量である快不快感・寒暑感・体熱感には関連がある。
- 3) ロジスティック回帰分析の結果、帯広市・旭川市・釧路市の想像温度は、警戒以上率を空気温度より低い温度で判定可能である。空気温度と想像温度を比較して、発生確率50%になるときの温度がより低い方が熱中症発症の可能性が低いと考えられるため、上記3都市では想像温度を用いて熱中症危険度を判定することが可能と考えられる。
- 4) ロジスティック回帰分析の結果、想像温度により熱中症危険度を判定する場合には、警戒以上率を用いた方が不快申告率や暑熱申告率、体熱感申告率を用いるよりも適切に判定できる可能性がある。
- 5) 警戒以上率・不快申告率・暑熱申告率・体熱感申告率のそれぞれの発生確率が50%になるとき、空気温度の最高・最低温度の差が0.8°C~2.7°C、想像温度の場合が1.6°C~3.5°Cであり、4都市で顕著な差がある。また体熱感申告率を除く3項目で想像温度の方が地域差を表すことができた。
- 6) ロジスティック回帰分析の結果から、熱中症対策を始める基準となる想像温度として、札幌市で25.0°C、帯広市で25.0°C、旭川市で26.0°C、釧路市で24.0°Cを提案した。
- 7) 夏季においては、「不快でない」状態の実現に向けてヒトが自ら「住みこなし」を実践するだけでなく、さらに「快適」な状態になるような「住みこなし」ができれば、熱中症対策にもなりえることが明らかになった。

第7章

総括

7-1. 本研究の結論

本研究では、「住みこなし」の実現に向けて、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を示すとともに、「住みこなし」における想像温度の活用方法を提案することを目的とし、被験者実験と実生活での温熱環境実測とアンケートを行なった。以下に本研究の各章の内容を要約し、結論とする。

第1章では、「住みこなし」に関する既往研究レビューを行ない、本研究における「住みこなし」を「ヒトが「不快でない」状態を認知し、自ら環境調整行動を行なうことで「不快でない」状態を作り上げる」一連のプロセスと定義した。この定義に基づくと、「住みこなし」の実現のためにはヒトが「不快でない」状態を認知する必要があるが、熱的な快不快感に「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態があり、それらの評価に想像温度が活用できるという仮説を設けた。これらのことを踏まえ、本研究では「住みこなし」の実現に向けて、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を示すとともに、「住みこなし」における想像温度の活用方法を提案することを目的とすることを示した。

第2章では、想像温度の特徴や有用性を示すことを目的とし、想像温度に関するシステムティックレビューを行なった。本研究では、想像温度を「想像温度は、曝されている温熱環境に対するヒトの認知情報であり、「今、何℃であるか？」という簡単な質問に対してヒトが回答する心理的な温度である。」と定義した。また、想像温度と物理量・心理量・環境調整行動等との関係について、明らかになっていることと課題を系統的に整理した。その結果、想像温度は、空気温度、相対湿度といった物理量や、快不快感、寒暑感といった心理量に加えて、地域差・「住みこなし」・環境調整行動といった項目とも関連があり、それらの評価が可能なことを明らかにし、想像温度の温熱環境評価に対する有用性を明らかにした。

第3章では、建築環境工学では定義されていない「不快でない」状態について、「不快」と「快適」と異なる「不快でない」状態があることを被験者実験および統計的検定により明らかにした。さらに「不快」から「不快でない」、「快適」へと快不快感が変化するにつれて、想像温度が有意に高くなる関係があることを明らかにした。このことから、「不快でない」の評価に想像温度が活用できることを示した。

第4章では、冬季の「住みこなし」に関連する熱伝導に着目し、想像温度と熱伝導の関係を明らかにする被験者実験を行なった。被験者実験の結果、足裏を局所的に温めた場合に想像温度が有意に高くなることを明らかにした。またこのことから、第2章の結果と併せて、想像温度と物理量の関係を網羅的に整理できた。さらに想像温度は、PMV や SET*といった既存指標では評価できない温熱環境であっても、ヒトの快不快感と関係性があることが明らかになり、想像温度のさらなる有用性を示した。

第5章では、気候が異なる北海道内4都市における夏季の住宅を対象に調査を行ない、実験環境下のみならず、実生活においても「不快」と「快適」とは異なる「不快でない」状態が存在することを統計的に明らかにした。また「不快でない」状態は、空気温度ではその存在を明確化できない可能性があることが示唆された。そのため、ヒトが「不快でない」状態を認知するためには、想像温度が有用であることを明らかにした。

寒暑感や体熱感、発汗感、許容度といった心理量に対しても、想像温度による評価が可能であることを統計的に明らかにした。各心理量の発現順に想像温度（中央値）を並べ替えたところ、「不快でない」→身体の内部に熱さを感じる→暑い→汗をかいている→不快である→受け入れられない」という順序が得られた。このことから、「不快でない」状態は、夏季においては体熱感の感じ始めや、寒暑感の「暑熱」申告になる前に生じる心理状態であり、夏の「住みこなし」を考える際に着目すべき指標になりえることが示された。また想像温度は、「不快でない」申告時の想像温度には地域差があることや、環境調整行動の実施数が増えれば高くなることが示され、想像温度と地域差、環境調整行動の関連も認められた。

第6章では、第5章の調査結果を用いて、想像温度により熱中症危険度が判定できることを明らかにした。具体的には、ロジスティック回帰分析の結果、想像温度により熱中症危険度を判定する場合には、WBGTに基づく警戒以上率を用いることが有用であることを明らかにした。また、この結果から、ヒトが熱中症対策を始めるきっかけとなる想像温度として、札幌市で25.0℃、帯広市で25.0℃、旭川市で26.0℃、釧路市で24.0℃を提案した。さらに夏季においては、「不快でない」を基準に、さらにより「快適」な状態になるような「住みこなし」が行なうことができれば、熱中症対策にもなりえることを明らかにした。

7-2. 本研究の限界

本研究では、被験者実験により想像温度と物理量や心理量等との関係を明らかにした。しかし、以下の点において本研究の限界がある。

まず全体として、被験者数が限られた状態での実験やアンケートの結果であることがあげられる。本研究の被験者は、第3章が計28人、第4章が計5人、第5章と第6章が計33人である。このように被験者数が少ないこともあり、本研究では可能な限り統計的検定を用いた。被験者数は多ければ真値に近づくと考えられるため、今後はさらに被験者実験やアンケートを行なう必要がある。また、第4章の実験では、足裏への局所加熱を施した後、5～7分程度で申告を依頼しているため、より長時間の加熱が想像温度や快不快感に与える影響も明らかにする必要がある。

また、「不快でない」が建築環境工学で一般に用いられる快不快感の「どちらでもない」とどのような対応関係があるかについて、既往研究の結果と比較した考察に留まったため、別途明らかにする必要がある。さらに、「不快でない」申告時の想像温度について、本研究では代表値として中央値を用いたが、ある程度の範囲を有すると考えられる。この範囲については、さらなる被験者実験やアンケートを行ない、明確にする必要があると考えられる。

さらに、「住みこなし」のための想像温度の活用については、北海道内4都市での実験結果であること、また、性別や年齢といった被験者属性等は場合分けをせずに分析を行なっている。そのため、さらに被験者数を増やすことで、これらの課題の解決を行なう必要があると考えられる。また、「住みこなし」として取りうる環境調整行動は多様にあり、それは住宅形式によっても異なると考えられるが、どのような環境調整行動が適しているのか、また「住みこなし」の実現の仕方についてはさらに整理を行なう必要がある。

7-3. 今後の展望

本研究では、北海道4都市においてヒトが熱中症対策を始めるきっかけとなる想像温度を提案した。今後、本研究と同様の調査を全国で実施した場合、図7-3-1に示すような“熱中症対策を始める想像温度前線”を構築できる可能性がある。これは、建築物省エネ法による地域区分¹⁶⁷⁾や、各地域区分の冷房期間などに基づき仮説として構築した。なお、例えば風の強い地域や日射が多い地域など、さらに細かな区分が発生する可能性も考えられるが、本論文では凡その仮説としての構築にとどめる。このようなヒトの「住みこなし」を促す方法と、現在の室温の確認や環境省が行なっている熱中症警戒アラートなどの施策を組み合わせることで、わが国で増加している熱中症の発生抑制につながる可能性がある。

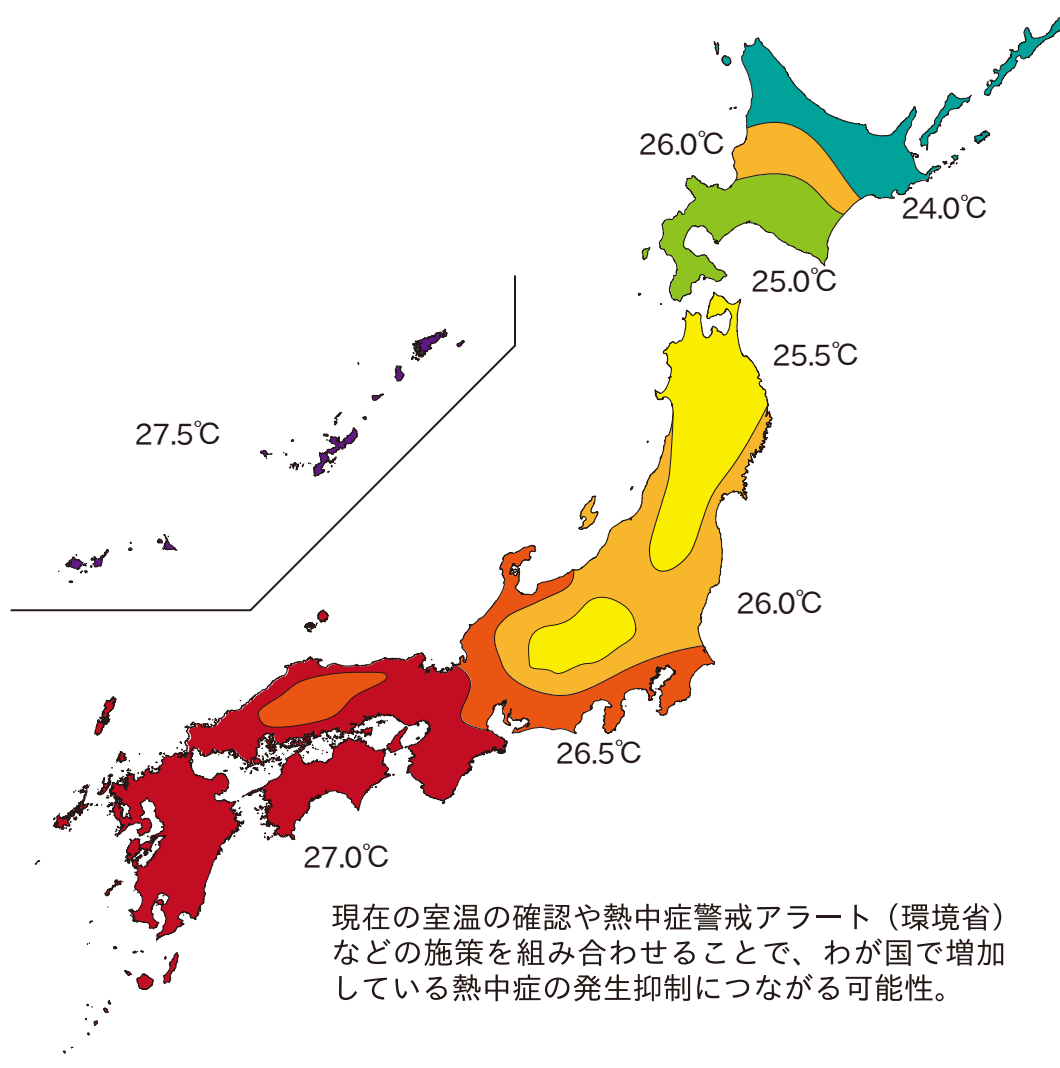


図7-3-1. (仮説) 熱中症対策を始める想像温度前線

他方、第1章で述べたように、エネルギー使用量削減は今後さらに推進する必要がある。そのためには、ハード技術だけでなく、ヒトが「不快でない」状態を認知し、自ら環境調整行動を行なうことで「不快でない」状態を作り上げる「住みこなし」が必要と考えられる。ヒトが「住みこなし」を実践することで、我慢をせずに住まうことができ、結果としてエネルギー使用量の削減につながる可能性がある。

最近では、住宅への Home Energy Management System (HEMS) の導入や、ヒトを感知して送風を調整するエアコンといった人工知能が組み込まれた設備機器の開発も進んでいる。建築物や設備機器のハード技術が進歩するにつれて、ヒトが環境調整行動を行なわなくても、「不快」な温熱環境にならない住宅は実現されることが考えられる。このような温熱環境の調整を設備機器に任せることは、ヒトにとって楽で、また便利な住まい方と考えられる。

しかし、平成30年北海道胆振東部地震時では北海道の広範囲で停電が生じたが、このような災害時には突発的に自らが「不快でない」温熱環境を作り出すことが求められる。また災害時には、設備機器による温熱環境の形成は期待できず、方法に限りはあるが、ヒトの「住みこなし」の能力にゆだねることになる。このような状態でも「不快でない」温熱環境を作り上げる術を持っているヒトは、すなわち、「住みこなし」を行なうことができるヒトは、熱的なレジリエンスが高いと言えるのではないか。「住みこなし」の能力は、日々の生活の中で想像温度の出力や実際の温湿度を確認することで手にすることができる能力と考えられる。「住みこなし」の能力を培うためにも、今後は、ヒトに想像温度を出力させるための方法を明らかにする必要がある。また想像温度を意識することは、ヒトの温熱環境に対する意識の変容を促し、より自発的な「住みこなし」の実現が図られる可能性がある。今後、このことを明らかにすることができれば、想像温度の活用方法の幅がさらに広がる可能性がある。

また、住宅で「住みこなし」を実践するためには、その住宅が「住みこなし」を行なえるデザインになっている必要がある。具体的には、断熱・気密性の向上に加え、日射遮蔽や通風のための窓配置がデザインされているか、オーニングなどの設えが設置可能かなど、ヒトに環境調整行動をとらせる余地を残しておくことも重要と考えられる。本研究では、どのような条件で「住みこなし」を始めるのかを判断する想像温度を提案した。この想像温度を用いることで、地域に応じた住宅設計や環境調整行動のデザインにつながると考えられるが、それらに対して、本研究で得られた知見が貢献できれば幸いである。

参考文献

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁：令和元年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書），https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020pdf/whitepaper2020pdf_2_1.pdf, 2022.10.10 参照
- 2) 国土交通省住宅局：脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律，<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001487213.pdf>, 2022.10.10 参照
- 3) 環境省 HP：ZEB PORTAL, <https://www.env.go.jp/earth/zeb/hojo/>, 2022.10.10 参照
- 4) 札幌市 HP：再エネ省エネ機器導入補助金制度, <https://www.city.sapporo.jp/kankyo/energy/hojo/kiki.html>, 2022.10.10 参照
- 5) 遠藤裕太, 須永修通, 小野寺宏子, 川上祐司, 畑泰彦：全電化戸建住宅における世帯特性に応じた省エネルギー行動の提案に関する研究 実施容易性とエネルギー削減効果により推奨される行動, 日本建築学会環境系論文集, 80, 715, pp.815-825, 2015. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.80.815>)
- 6) 湯浅和博, 劉正賢, 吉野博, 長谷川兼一：低負荷型ライフスタイルによる住宅のエネルギー消費量削減の可能性, 日本建築学会環境系論文集, 74, 642, pp.1019-1024, 2009. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.74.1019>)
- 7) 小野寺宏子, 須永修通, 熊倉永子, 中野郁也, 盧炫佑：自然エネルギー複合利用住宅のエネルギー消費実態と ZEH 実現への課題, 日本建築学会環境系論文集, 82, 742, pp.1035-1042, 2017. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.82.1035>)
- 8) 小野寺宏子, 須永修通, 熊倉永子：高性能住宅における住まい手の省エネ意識促進に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 83, 754, pp.987-995, 2018. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.83.987>)
- 9) 水谷傑, 井上隆, 熊孝典：住宅内における用途別エネルギー消費と住まい方の実態に関する研究：アンケート調査に基づく分析, 日本建築学会環境系論文集, 71, 609, pp.117-124, 2006. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.71.117>)
- 10) 下川美代子, 手塚哲央：家族の「場」の重なりを形成する住まい方の特性に関する研究
- 11) 家庭内エネルギー消費行動からの考察, 日本建築学会環境系論文集, 75, 655, pp.845-852, 2010. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.75.845>)
- 12) 源城かほり, 松本真一, 長谷川兼一, 菅原正則：東北地域における学生単独世帯の住まい方とエネルギー消費の実態, 日本建築学会環境系論文集, 77, 671, pp.11-18, 2012. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.77.671>)

参考文献

- ps://doi.org/10.3130/aije.77.11)
- 13) 金悠希, 木原浩貴, 松原斎樹: 小学生と保護者の環境配慮行動の実態 -京都府夏休み省エネチャレンジ参加者の分析-, 日本建築学会技術報告集, 25, 61, pp.1379-1384, 2019. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijt.25.1379>)
 - 14) 大和義昭, 松原斎樹, 藏澄美仁: 京都市および近郊の住宅におけるエネルギー消費量と居住者の意識・住まい方に関する調査研究, 日本建築学会環境系論文集, 69, 586, pp.17-23, 2004. (DOI: https://doi.org/10.3130/aije.69.17_5)
 - 15) 地濃祐介, 松原斎樹, 飛田国人, 青地奈央, 須藤由佳子, 藏澄美仁: 冷房の使用開始時期と居住者の意識・住まい方との関連, 日本建築学会環境系論文集, 73, 626, pp.527-533, 2008. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.73.527>)
 - 16) 北村恵理奈, 柴田祥江, 松原斎樹: 居住者視点によるヒートショック対策の検討, 日本生気象学会雑誌, 53, 1, pp.13-29, 2016. (DOI: <https://doi.org/10.11227/seikisho.53.13>)
 - 17) 岸本嘉彦, 安福勝: 北海道全域の住宅を対象としたエアコンによる冷暖房利用実態調査, 日本建築学会環境系論文集, 84, 758, pp.397-405, 2019. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.84.397>)
 - 18) 金勳, 山田裕巳, 阪東美智子, 開原典子: 気候変動による建築と室内環境への影響, 保健医療科学, 69, 5, pp.434-443, 2020. (DOI: https://doi.org/10.20683/jniph.69.5_434)
 - 19) 堀江真太郎, 中谷岳史, リジナル H.B., 高木直樹: 住宅における熱的快適性と寒冷ストレスに関する研究 冬期の長野県長野市を対象として, 日本建築学会環境系論文集, 87, 793, pp.211-221, 2022. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.87.211>)
 - 20) 岩橋優子, 田辺新一, 對馬聖菜, 西原直枝, 平岡雅哉, 菰田英晴, 田淵誠一: 節電対策が快適性・知的生産性・省エネルギー性に与える影響 東日本大震災後の節電環境下におけるオフィス実態調査に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 79, 704, pp.901-908, 2014. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.79.901>)
 - 21) 木原浩貴, 松原斎樹: 脱炭素社会に対する意識・態度の個人差に関する研究 一大学生アンケート調査をもとに, 環境情報科学論文集, 32, pp.191-196, 2018. (DOI: https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis32.0_191)
 - 22) 杉山茂一, 鈴木成文: 公団住宅における住み方プロセスの調査分析, 日本建築学会論文報告集, 228, pp.113-118, 1975. (DOI: https://doi.org/10.3130/aijsaxx.228.0_113)
 - 23) 大西誠: すまいのテクノロジー 新しい住宅供給方式の模索 住宅・都市整備公団の

参考文献

- 試みより, すまいろん, 29, pp.36-39, 1994. (DOI: https://doi.org/10.20803/sumairon.29.0_36)
- 24) 大月敏雄: 集合住宅の住戸ユニットの経年的変化について: 同潤会代官山アパートの住みこなしに関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, 64, 522, pp.123-130, 1999. (DOI: https://doi.org/10.3130/aija.64.123_5)
- 25) 沢田知子: 「内装譲渡方式」およびインテリアの個性化傾向に関する考察: 二段階供給方式による集合住宅の居住過程に関する研究 (2), 日本建築学会計画系論文集, 63, 505, pp.83-90, 1998. (DOI: https://doi.org/10.3130/aija.63.83_1)
- 26) 馬凌翔, 南一誠: 居住履歴と住宅の経年変化に関する研究 中国無錫市惠峰新村 98~107号棟を対象として, 日本建築学会計画系論文集, 85, 778, pp.2601-2610, 2020. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aija.85.2601>)
- 27) 在塚礼子: シルバーハウジング 視点 集住の新しいかたち 4, 日本家政学会誌, 46, 10, pp.997-1003, 1995. (DOI: <https://doi.org/10.11428/jhej1987.46.997>)
- 28) 在塚礼子: すまいのテクノロジー 個人化し社会化する住まい 「若手」建築家の住まいを通して, すまいろん, 60, pp.42-45, 2001. (DOI: https://doi.org/10.20803/sumairon.60.0_42)
- 29) 今井範子, 中村久美: 集合住宅における季節を意識した住み方と住空間のあり方に関する研究, 日本インテリア学会論文報告集, 19, pp.45-55, 2009. (DOI: https://doi.org/10.50981/jasis.19.0_45)
- 30) 中村久美, 今井範子: ライフスタイルからみた環境共生に関わる住み方と住要求, 日本インテリア学会論文報告集, 20, pp.37-45, 2010. (DOI: https://doi.org/10.50981/jasis.20.0_37)
- 31) 金谷優, 松岡信弘, 佐藤芳幸, 木村寿克, 細谷直子: 夜間蓄熱を活用した外張り断熱住宅の温熱環境性能に関する測定, 空気調和・衛生工学会学術講演梗概集, F-16, pp.953-956, 2002. (DOI: https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2002.2.0_953)
- 32) 廣谷純子, 山田信博, 町田佳世子, 斉藤雅也: 夏季における中学生の想像温度と熱環境適応プロセスの関係, 日本建築学会環境系論文集, 84, 756, pp.171-178, 2019. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.84.171>)
- 33) 中谷航平, 廣林大河, 遠藤謙一良, 斉藤雅也: 双曲放物屋根をもつ木造オフィスの冬季・夏季の室内気候と快適性 スタッフの想像温度と快適感・行動について, 日本建築学会技術報告集, 27, 66, pp.767-772, 2021. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijt.27.767>)
- 34) 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

参考文献

- における「温度想像力」養成に関する研究 札幌・福山・熊本における夏季と秋季の被験者実験, 日本建築学会九州支部研究報告集, 59, pp.257-260, 2020.
- 35) 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」養成の検証 2020年春季・夏季の被験者実験, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1093-1096, 2021.
- 36) 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, 日本建築学会九州支部研究報告集, 60, pp.245-248, 2021.
- 37) 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・熊本における夏季と秋季の被験者実験, 日本建築学会九州支部研究報告集, 59, pp.257-260, 2020.
- 38) 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, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1143-1146, 2020.
- 39) 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, 44, pp.325-328, 2021.
- 40) 斉藤雅也, 辻原万規彦, 伊澤康一, 中谷航平, 中村きらら, 廣林大河, 原大介 : ヒトの温度想像力と夏の住みこなしに関する考察, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1293-1294, 2020.
- 41) Francesca R., d'Ambrosio A., Jacques M., Boris Igor Palella and Giuseppe Riccio: WBGT Index Revisited After 60 Years of Use, *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 58, Issue 8, pp.955-970, 2014. (DOI: <https://doi.org/10.1093/annhyg/meu050>)
- 42) 斉藤雅也 : ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究 夏季の札幌における大学研究室を事例として, 日本建築学会環境系論文集, 74, 646, pp.1299-1306, 2009.12 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.74.1299>)
- 43) ISO : ISO7730 Moderate thermal environments, Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO, 2005.
- 44) Gagge, A. P., Nishi, Y. and Gonzalez, R. R. : Standard Effective Temperature—A Single Temperature index of Temperature Sensation and Thermal Discomfort, Proc. of The CIB Commission W 45 (Human Requirements) Symposium, Thermal Comfort and Moderate Heat Stress, Building R

参考文献

- research Station, London September 1972, published by HMSO, pp229~250, 1973.
- 45) 一般社団法人日本建築学会：温熱心理・生理測定法規準・同解説，丸善，2014.3.
 - 46) 鶴飼真成, 高橋満博, 村上宏次, 雨宮沙耶, 野部達夫：Sビルにおける室内温熱環境調査と執務者の受容性に関する考察, 日本建築学会環境系論文集, 81, 724, pp.535-543, 2016. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.81.535>)
 - 47) 堀江悟郎：建築計画原論Ⅲ 渡辺要編, 丸善株式会社, pp.259-347, 1965.
 - 48) 久野覚：温熱環境の快適性とプレザントネス, 建築雑誌, 1373, pp.22-23, 1995.
 - 49) Kuno, S., Ohno, H., Nakahara, N. : A Two-Dimensional Model Expressing Thermal Sensation in Transitional Conditions, ASHRAE Trans. Vol. 93(2), pp.396-406, 1987.
 - 50) 原田昌幸, 久野覚：景観スライド評価と目の順応, 照明学会誌, 86 巻, 7 号, pp.436-438, 2002. (DOI: https://doi.org/10.2150/jiej1980.86.7_436)
 - 51) 久野覚：温熱環境における快適性— Comfort と pleasantness, 基礎心理学研究, 18, 1, pp.102-106, 1999. (DOI: <https://doi.org/10.14947/psychono.KJ00004413673>)
 - 52) 久野覚：快適性についての一考察, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.71-72, 1989.
 - 53) 堀越哲美, 垣鏝直, 土川忠浩, 今井裕夫：建築・室内環境における熱的快適性の表現・評価に関する考察, 人間と生活環境, 5 巻, 2 号, pp.139-146, 1998. (DOI: https://doi.org/10.24538/jhesj.5.2_139)
 - 54) 瀬尾文彰, 坊垣和明：快適性の構造に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集, 60 巻, 475 号, pp.75-83, 1995. (DOI: https://doi.org/10.3130/aija.60.75_3)
 - 55) 坊垣和明：公的集合住宅の室内気候の実態と地域性に基づいた温熱環境計画に関する研究, 北海道大学大学院, 1999. (DOI: <https://doi.org/10.11501/3159832>)
 - 56) 小玉裕一郎：環境と応答する住宅, 住宅総合研究財団研究論文集, 37 巻, pp.33-48, 2011. (DOI: https://doi.org/10.20803/jusokenold.37.0_33)
 - 57) 小玉裕一郎：エコハウス, 日本家政学会誌, 47 巻, 4 号, pp.397-404, 1996. (DOI: <https://doi.org/10.11428/jhej1987.47.397>)
 - 58) 卓興鋼, 吉田佳督, 大森豊緑：エビデンスに基づく医療 (EBM) の実践ガイドライン システマティックレビューおよびメタアナリシスのための優先的報告項目 (PRISMA 声明), 情報管理, 54, 5, pp.254-266, 2011. (DOI: <https://doi.org/10.1241/johokanri.54.254>)
 - 59) 上岡洋晴, 金子善博, 津谷喜一郎, 中山健夫, 折笠秀樹：「PRISMA 2020 声明: システマティック・レビュー報告のための更新版ガイドライン」の解説と日本語訳, 薬理と治療, 49,

参考文献

- 6, pp.831-842, 2021.
- 60) 松岡弘幸, 斉藤雅也, 宿谷昌則: 夏季の住まい方が住まい手の心理と生理に与える影響に関する研究: その 1. 快適と想像する温度と実際の温冷感, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.497-498, 2000.
- 61) 斉藤雅也: 想像温度による温熱快適性の評価に関する考察, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.37-38, 2011.
- 62) 斉藤雅也, 辻原万規彦, 緒方理子, 酒田健: 小学生の想像温度と暑熱不快・寒冷不快に関する研究: 2012 年夏・秋の札幌・東京・熊本を事例として, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.467-468, 2014.
- 63) 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.
- 64) 斉藤雅也, 中谷航平: 夏季の微気候を対象にした想像温度に基づく設計用線図の提案, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.739-740, 2021.
- 65) 成田梓, 斉藤雅也: ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究: その 4. 冬季札幌の戸建住宅における被験者実験, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.31-32, 2010.
- 66) 町口賢宏, 斉藤雅也, 宿谷昌則, 羽山広文: 札幌と熊本の小学児童の温熱的不快と想像温度・実際室温, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 84, pp.293-296, 2011.
- 67) 三坂育正, 松林康子, 斉藤拓也, 大石裕一, 岸野英樹, 石丸泰, 堀口恭代: 親水性を有する不織布を用いたテントユニットによる暑熱環境緩和に関する研究, 環境情報科学論文集, ceis30, pp.31-36, 2016. (DOI: https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis30.0_31)
- 68) 津野柚衣, 佐々木優二, 斉藤雅也: 夏季の適応的快適性をもたらす放射エクセルギーと想像温度, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.44816, 2017.
- 69) 田中佑一郎, 須永修通, 小野寺宏子: 居住者の温熱感覚と熱中症危険度の認識に関する研究 夏季の集合住宅を対象として, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.223-224, 2018.
- 70) 新井溪, H.B.リジャー: 関東地域のオフィスビルにおける想像温度に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 6, pp.241-244, 2018. (DOI: https://doi.org/10.18948/hasetaikai.2018.6.0_241)
- 71) 伊澤康一, 中村きらら, 原大介, 中谷航平, 廣林大河, 斉藤雅也, 辻原万規彦: 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, 日本建築学会中国支部, 45, pp.379-382, 2022.

参考文献

- 72) 池上帆乃香, 高儀郁美, 斉藤雅也 : 寒冷地の病室における夏季の熱中症リスクに関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1121-1122, 2021.
- 73) 斉藤雅也 : ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究 : その 2. 環境調整行動インデックス(EBI)と人体エクセルギー消費, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.599-600, 2008.
- 74) 町口賢宏, 斉藤雅也, 辻原万規彦, 鈴木信恵 : ヒトの温熱的快・不快と想像温度・実際室温 : 札幌と熊本の小学児童を対象にして, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.2259-2262, 2010. (DOI: https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2010.3.0_2259)
- 75) 町口賢宏, 斉藤雅也, 辻原万規彦 : ヒトが快適・不快に感じる場合の想像温度と実際室温の関係 : 夏季の札幌と熊本の小学児童を対象にして, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 83, pp.259-262, 2010.
- 76) 町口賢宏, 斉藤雅也, 辻原万規彦 : ヒトが快適・不快に感じる温度の地域性に関する研究:夏季の札幌・熊本の小学児童を対象にして, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.35-36, 2010.
- 77) 酒井匠, リジャル H.B. : 関東地域における住宅の想像温度と想像快適温度に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.39-40, 2011.
- 78) 酒井匠, リジャル H.B., 菊池世政啓 : 住宅の想像温度と想像快適温度に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, 82, pp.117-120, 2012.
- 79) 永田圭一, リジャル H.B., 中谷岳史 : 岐阜の住宅における熱的快適性に関する実態調査:その 9 想像温度の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.455-456, 2012.
- 80) Watanabe, K., H.B. Rijal, Nakaya, T. : Investigation of Clothing Insulation and Thermal Comfort in Japanese Houses, PLEA2013 -29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany, 10-12 September 2013.
- 81) 竹林洋輔, リジャル H.B. : 想像温度に関する研究 : その 2 関東のリビングにおける快適・不快に感じる想像温度の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.321-322, 2013.
- 82) 竹林洋輔, リジャル H.B. : 想像温度に関する研究 : その 3 関東のリビングにおける快適・不快に感じる想像温度の検討, 日本建築学会関東支部研究報告集, 84, pp.101-104, 2014.
- 83) 朝田真帆, リジャル H.B., 吉田一居 : 想像温度に関する研究 : その 4 関東のオフィスにおける想像温度に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, 86, pp.125-128, 2016.
- 84) 宿谷昌則 : 夏季の変動する熱環境への曝露履歴と人体エクセルギー収支の関係性, 日本

参考文献

- 建築学会学術講演梗概集, pp.285-288, 2018.
- 85) 本海優太, 菊田弘輝, 山根一樹, 木原勇信, 佐々木真人, 武田清賢 : 冬期オフィス環境における知的生産性と熱的快適性に関する調査と分析 第1報実測とアンケートの調査結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 8, pp.409-412, 2019. (DOI: https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2019.8.0_409)
- 86) Saito, M., Tsujihara M., Machiguchi T. and Akinari M. : A Study on Cognitive Temperature Scale with Thermal Discomfort of Elementary Students in Summer in Sapporo and Kumamoto, Proceedings of CLIMA 2013, No.813, 2013.
- 87) Saito, M. and Tsujihara, M. : Thermal Adaptation of Elementary Students in Summer based on Cognitive Temperature Scale In the case of Sapporo and Kumamoto, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.471-474, 2015.
- 88) Saito, M. and Tsujihara M. : Characteristics of Cognitive Temperature Scale under the Thermal Adaptation in Summer, Conference of Passive and Low Energy Architecture 2018, pp.1ST/6: Science & Technology, 2018.
- 89) 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, 43, pp.365-368, 2020.
- 90) Gautam Basudev : Thermal adaptation of people and buildings in Nepalese cold, temperate and sub-tropical regions, 東京都市大学博士論文, 2021.
- 91) 廣谷純子 : 想像温度を活用した人の熱環境適応を引き出す「働きかけ」のデザインに関する研究, 札幌市立大学大学院, 2020. (DOI: <http://doi.org/10.15025/00000187>)
- 92) 廣谷純子, 斉藤雅也 : 中学生における「想像温度の記録活動」による想像温度と寒暑不快感の変化, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1297-1298, 2020.
- 93) 斉藤雅也, 辻原万規彦 : ヒトの想像温度と季節感の特性 その1. 想像温度と季節感, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.225-226, 2019.
- 94) 斉藤雅也, 佐々木優二, 北村康栄, 寺林和哉, 原井美佳, 近藤圭子 : 厳冬期における高齢者の住まいの温熱環境と温熱適応に関する実態調査 北海道 幌加内町を対象として, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 90, pp.151-152, 2017.
- 95) 新井溪, 今川光, 繪本詩織, 橋本哲, リジナル H.B., 宿谷昌則 : 冬季の室内湿度の違いと想像温度の関係性に関する人工気候室における実験研究, 空気調和・衛生工学会大会学術

参考文献

- 講演論文集, 6, pp.13-16, 2019. (DOI: https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2019.8.0_409)
- 96) 新井溪, リジャル H.B. : 関東地域のオフィスビルにおける温熱環境と温熱感覚に基づく想像温度のメカニズムに関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.231-232, 2019.
- 97) 斉藤雅也 : ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する考察 : 想像室温と想像 MRT, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.501-502, 2007.
- 98) 斉藤雅也, 辻原万規彦 : ヒトの熱環境適応と想像温度に関する考察, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.33-36, 2017.
- 99) 新井溪, 今川光, 繪本詩織, 橋本哲, リジャル H.B., 宿谷昌則 : 湿度条件の違いが想像温度に及ぼす影響に関する研究, 空気調和・衛生工学会 論文集, 46, 288, pp.13-20, 2021. (DOI: https://doi.org/10.18948/shase.46.288_13)
- 100) 三坂育正, 石丸泰, 堀口恭代, 成田健一 : 暑熱環境対策下における人の空間利用に関する研究, 環境情報科学論文集, ceis31, pp.131-136, 2017. (DOI: https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis31.0_131)
- 101) 三坂育正, 李亜娟, 瀧澤恒太, 根井勇太 : 暑熱環境下におけるクールスポットの温熱環境と熱ストレス低減効果に関する研究, 環境情報科学論文集, ceis35, pp.125-130, 2021. (DOI: https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis35.0_125)
- 102) Rajan K.C., Rijal H.B., Yoshida, K. and Shukuya, M. : Feasibility Study on the Use of HEMS for Thermal Comfort and Energy Saving in Japanese Residential Buildings, International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol10, No9, pp.1173-1179, 2016. (DOI: doi.org/10.5281/zenodo.1126431)
- 103) 斉藤雅也, 秋成妹, 辻原万規彦, 町口賢宏 : 熊本と札幌における夏季の小学児童の想像温度・温熱的不快・授業への集中度 : その 1. 温熱的不快となる外気温・実際室温・想像温度, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.247-248, 2012.
- 104) 本田諒佑, リジャル H.B., 中谷岳史 : 岐阜県の住宅における熱的快適性に関する実態調査 : その 10 室内外の温度差感の研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, 82, pp.153-156, 2012.
- 105) 原大介, 辻原万規彦, 斉藤雅也 : 夏季の熱的履歴を考慮した冷放射エクセルギーが想像温度に与える影響 札幌・熊本の通風室・冷房室での被験者実験, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 92, pp.203-206, 2019.
- 106) 尾身佳樹, 菊田弘輝, 酒田健, 斉藤雅也, 羽山広文 : 北方型住宅を対象とした夏期室内環境

参考文献

- のエクセルギー評価, 日本建築学会環境系論文集, 79, 696, pp.159-166, 2014. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.79.159>)
- 107) 原大介, 辻原万規彦, 斉藤雅也: 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, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.273-276, 2018.
- 108) 廣林大河, 中谷航平, 斉藤雅也: 建築家 上遠野徹 「札幌の家・自邸」 の冬季・夏季の熱環境に関する調査研究, 日本建築学会技術報告集, 28, 69, pp.751-756, 2022. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijt.28.751>)
- 109) Shukuya Masanori: Bio-climatology for built environment, Taylor & Francis eBooks, ISBN 9780367780418, 2021.
- 110) 町口賢宏, 斉藤雅也, 辻原万規彦, 鈴木信恵, 宿谷昌則, 羽山広文: ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究: その 6.札幌と熊本の小学児童の温熱的不快と想像温度, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.41-42, 2011.
- 111) 斉藤雅也, 秋成妹, 辻原万規彦, 町口賢宏: 熊本と札幌における小学児童の温熱的不快・想像温度・授業への集中度合い: その 1 温熱的不快と想像温度, 日本建築学会九州支部報告集, 51, pp.121-124, 2012.
- 112) 斉藤雅也, 辻原万規彦, 緒方理子, 酒田健, 宿谷昌則: 真冬の教室における小学児童の想像温度と温熱的不快の関係: 札幌・東京・熊本の比較, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.317-318, 2013.
- 113) 斉藤雅也, 谷川愛美, 辻原万規彦: 熊本と札幌における小学児童の夏の温熱的不快・想像温度: 小学児童の想像温度に基づく地域住育プログラムの開発研究(1), 日本建築学会九州支部研究報告, 54, pp.237-240, 2015.
- 114) 斉藤雅也, 辻原万規彦: 小学生の想像温度・暑熱不快・環境調整行動に関する研究 2015年夏の熊本・東京を事例として, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.521-522, 2016.
- 115) 緒方理子, 斉藤雅也, 辻原万規彦, 酒田健, 宿谷昌則: 熊本と東京および札幌における小学児童と教員の温熱的不快・想像温度, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.319-320, 2013.
- 116) 黒田静香, 斉藤雅也, 辻原万規彦: 熊本と東京における児童の教室内での暑熱不快感と環境調整行動の関係 小学児童の想像温度に基づく地域住育プログラムの開発研究 (3), 日本建築学会九州支部研究報告集, 55, pp.285-288, 2016.
- 117) 福家智大, 菊田弘輝, 斉藤雅也, 羽山広文, 森太郎: 寒冷地における超高性能パッシブ換気

参考文献

- 住宅に関する実態調査 その2 冬期の室内環境評価, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.57-60, 2016. (DOI: https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2016.6.0_57)
- 118) 勝野二郎, リジャル H.B., 菊池世政啓: リビングにおける温熱環境と快適感に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, 82, pp.109-112, 2012.
- 119) 秋成妹, 斉藤雅也, 辻原万規彦: 熊本と札幌における夏季の小学児童の想像温度・温熱的不快・授業への集中度: その2. 想像温度と授業への集中度, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.249-250, 2012.
- 120) 原大介, 辻原万規彦, 斉藤雅也: 夏季の室内での想像温度・寒暑感の変化と熱的履歴の関係 札幌・熊本の通風室・冷房室での被験者実験, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.229-230, 2019.
- 121) 佐々木優二, 斉藤雅也, 宿谷昌則: 冬季の暖房下におけるヒトの熱環境適応と人体エクセルギー収支, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.5-8, 2017.
- 122) 鈴木信恵, 宿谷昌則: 小学生児童の温熱認識形成に関する実験研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1307-1308, 2009.
- 123) 谷川愛美, 斉藤雅也, 辻原万規彦: 熊本と札幌における小学児童の温熱環境の認識力と調整力: 小学児童の想像温度に基づく地域住育プログラムの開発研究(2), 日本建築学会九州支部研究報告, 54, pp.241-244, 2015.
- 124) 宮坂裕美子, 水出喜太郎, 菅野颯馬, 田端康宏, 古川亮哉, 野元彬久, 高橋好斗, 堀川晋, 田辺新一: 暑熱屋外に涼感を提供するゼロエネルギー・クールツリーの開発, 日本建築学会技術報告集, 26, 63, pp.619-624, 2020. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijt.26.619>)
- 125) 斉藤雅也, 楠美静香, 成田梓, 山田愛: ヒトの視的・温熱的快適性と環境調整行動に関する研究, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 83, pp.263-266, 2010.
- 126) 山根一樹, 菊田弘輝, 豊田章一郎, 武田清賢, 木原勇信, 佐々木真人: 積雪寒冷地の都心型エネルギー供給オフィスビルにおける環境性能評価 第6報アンケート調査, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.21-24, 2020. (DOI: https://doi.org/10.18948/shasetaikai.2020.8.0_21)
- 127) 徐国海, 久野覚, 田中将彦, 齋藤輝幸: 暑不快環境から気流のあるやや暑い環境へ移動した場合の生理・心理反応に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 524, pp.37-44, 1999. (DOI: https://doi.org/10.3130/aija.64.37_4)
- 128) 坊垣和明, 有川悦朗, 福森幹太, 角谷三夫, 宮城啓吏: パッシブリズム空調にお

参考文献

- ける快適性と省エネルギーに関する研究 第 1 報パッシブリズム空調が快適性に及ぼす影響に関する研究 夏季実験結果について, 空気調和・衛生工学会論文集, 64, pp.61-71, 1997. (DOI: https://doi.org/10.18948/shase.22.64_61)
- 129) 坊垣和明, 有川悦朗, 福森幹太, 角谷三夫, 宮城啓吏: パッシブリズム空調における快適性と省エネルギーに関する研究 第 2 報パッシブリズム空調が快適性に及ぼす影響に関する研究 冬季実験結果について, 空気調和・衛生工学会論文集, 67, pp.45-56, 1997. (DOI: https://doi.org/10.18948/shase.22.67_45)
- 130) 山崎慶太, 斉藤雅也, 佐々木優二, 宿谷昌則: 屋外空間における放射温度の推定と放射エクセルギーに関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 82, 733, pp.205-214, 2017. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.82.205>)
- 131) 中野淳太, 田辺新一: 半屋外環境の熱的快適性に関する考察 -温熱環境適応研究の日本における温熱環境計画への応用とその課題-, 日本建築学会環境系論文集, 79, 701, pp.597-606, 2014. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.79.597>)
- 132) Humphrays, M. A. and Nicol, J. F.: Understanding the adaptive approach to thermal comfort, ASHRAE Transactions, 104(1b), pp991-1004, 1998.
- 133) Nwanaji-Enwerem, J.C., Allen, J.G. & Beamer, P.I. Another invisible enemy indoors: COVID-19, human health, the home, and United States indoor air policy. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 30, pp.773–775, 2020. (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41370-020-0247-x>)
- 134) Ruchita Tyagi, Vivek Gupta, Rajiv Kumar, and G. S. Wander: Traditional Indian practices: Time to revisit and re-adopt for a healthier lifestyle, *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 36(Suppl 1), pp.S166–S171, 2020. (DOI: https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP_299_20)
- 135) 室恵子, 齋藤宏昭: 上部部・脚部の気温および床面温が体感に及ぼす影響, 日本建築学会技術報告集, 25, 61, pp.1179-1184, 2019. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijt.25.1179>)
- 136) 松本泰輔, 松井勇: 足裏局所加熱が全身の血行動態および温冷感に及ぼす影響に関する実験的研究 実験室の温湿度設定にステップ変動を与えた場合について, 日本建築学会環境系論文集, 第 72 巻, No.621, pp.17-22, 2007. (DOI: https://doi.org/10.3130/aije.72.17_6)
- 137) 松本泰輔, 松井勇: 周壁加熱時の足裏加熱が温冷感に及ぼす影響に関する実験的研究—実験室の温湿度設定にステップ変動を与えた場合について—, 日本建築学会環境系論文集, 73, 628, pp.721-725, 2008. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.73.721>)
- 138) 松本泰輔, 松井勇: 吹抜けを有する冬期実空間における足裏加熱が全身温冷感に及ぼす

参考文献

- 影響に関する実験的研究 —実験室の温湿度設定にステップ変動を与えた場合について—, 日本建築学会環境系論文集, 75, 652, pp.491-497, 2010.6 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.75.491>)
- 139) Yue Deng, Bin Cao, Bin Liu and Yingxin Zhu : Effects of local heating on thermal comfort of standing people in extremely cold environments, *Building and Environment*, Volume 185, No.3, 2020. (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107256>)
- 140) Kurazumi, Y., Kondo, E., Ishii, J., Sakoi, T., Fukagawa, K., Zhecho Dimitrov Bolashikov, Tsuchikawa, T., Matsubara, N. and Horikoshi, T.: Effect of the environmental stimuli upon the human body in winter outdoor thermal environment, *Journal of Environmental and Public Health*, vol. 2013, Article ID 418742, 10 pages, 2013. (DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/418742>)
- 141) 藤本薫喜, 渡辺孟, 坂本淳, 湯川幸一, 森本和江 : 日本人の体表面積に関する研究 第 18 篇三期にまとめた算出式, *日衛誌* 23(5), pp.443-450, 1968.
- 142) 国立国会図書館書誌データ (経済産業省 : size-JPN 2004-2006) , http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/286890/www.meti.go.jp/press/20071001007/004_bessi.pdf, 2022.5.9 参照
- 143) Andris Auliciems and Steven V. Szokolay: THERMAL COMFORT, PLEA NOTES second revised edition, 2007.
- 144) ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2021.
- 145) 公益財団法人日本スポーツ協会 : スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック第 5 版, 2019.
- 146) 田中亮, 金田浩太郎, 戸谷昌樹, 宮内崇, 藤田基, 河村宜克, 小田泰崇, 鶴田良介 : 熱中症患者の体温管理における血管内冷却システムの使用経験, *日集中医誌*, 23, pp398-401, 2016 (DOI: <https://doi.org/10.3918/jsicm.23.398>)
- 147) Keim SM, Guisto JA, Sullivan JB Jr.: Environmental thermal stress, *Annals of agricultural and environmental medicine*, vol.9, pp.1-15, 2002.
- 148) 気象庁 : 過去の気象データ検索, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (参照 2022.3.29)
- 149) 羽原宏美 : ロジスティック回帰分析による居間におけるエアコン・窓操作の生起要因に関する分析 住宅における居住者の通風・冷房行為に関する実態調査, 日本建築学会環境系論文集, 80, 715, pp.827-837, 2015. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aije.80.827>)
- 150) 総務省統計局 : 政府統計の総合窓口, 平成 26 年全国消費実態調査, <https://www.e-stat.go.jp>

参考文献

- p/stat-search/files?page=1&toukei=00200564, 2022.3.28 参照
- 151) 松本泰輔, 福田英司: 全身温冷感中立付近の室温における湿度の温冷感、乾湿感ならびに快適感に及ぼす影響に関する実験的研究, 日本建築学会技術報告集, 17, 37, pp. 931-936, 2011. (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijt.17.931>)
- 152) 総務省消防庁, <https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>, 2021.11.29 参照
- 153) 環境省熱中症予防サイト, <https://www.wbgt.env.go.jp/>, 2021.12.2 参照
- 154) 中井誠一: 熱中症予防対策の歴史, 日生氣誌, 48, 1, pp.9-14, 2011. (DOI: <https://doi.org/10.11227/seikisho.48.9>)
- 155) 堀越哲美, 加藤里実, 加藤和雄, 小松義典, 石松丈佳: 生活実感に呼応する相対湿度 50%を基準とした WBGT の提案, 日生氣誌, 第 57 巻, 第 4 号, pp.117-126, 2021. (DOI: <https://doi.org/10.11227/seikisho.57.117>)
- 156) 布施明, 坂慎弥, 布施理美, 萩原純, 宮内雅人, 横田裕行: ツイッターデータと気象データから熱中症救急搬送者数を予測する, 日臨救急医学会誌(JJSEM)2019, 22, 4, pp.573-579, 2019 (DOI: <https://doi.org/10.11240/jsem.22.573>)
- 157) 吉田慧一郎: 汎用一眼カメラを用いた血行動態変化の可視化による熱中症予防技術への応用, オレオサイエンス, 第 21 巻, 第 9 号, pp.377-383, 2021. (DOI: <https://doi.org/10.5650/oleoscience.21.377>)
- 158) Fujibe, F., Matsumoto, J. and Suzuki, H.: Regional Features of the Relationship between Daily Heat-Stroke Mortality and Temperature in Different Climate Zones in Japan, SOLA 14, pp.144-147, 2018. (DOI: <https://doi.org/10.2151/sola.2018-025>)
- 159) Akatsuka, S., Uno, T., and Horiuchi, M.: The Relationship between the Heat Disorder Incidence Rate and Heat Stress Indices at Yamanashi Prefecture in Japan, *Advances in Meteorology*, vol. 20 16, Article ID 9492815, 11 pages, 2016. (DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/9492815>)
- 160) 環境省: 熱中症予防情報サイト, https://www.wbgt.env.go.jp/data_service.php, 2021.10.22 参照
- 161) 須永修通, 小野寺宏子, 熊倉永子, 荻野司: 蒸暑地域の集合住宅における温熱環境の実態データと改善手法, 住総研研究論文集・実践研究報, No.45, pp.83-94, 2019. (DOI: https://doi.org/10.20803/jusokenronbunjisen.45.0_83)
- 162) 佐々木優二, 下ノ菌慧, 鬼塚美玲, 斉藤雅也, 須永修通: 地域差を考慮した熱中症危険度に関する研究 その 1 北海道における住まい手の想像温度・体熱感による評価, 空気調和・

参考文献

- 衛生工学会大会学術講演会講演論文集, pp.169-172, 2021. (DOI: https://doi.org/10.18948/sha-setaikai.2021.6.0_169)
- 163) 佐々木優二, 下ノ 蘭慧, 鬼塚美玲, 斉藤雅也, 須永修通 : 想像温度による熱中症危険度の判定に関する検討, 第 50 回熱シンポジウム, pp.63-66, 2021.
- 164) 日本生気象学会 : 日常生活における熱中症予防指針 Ver.3.1, 2021.
- 165) 佐野夏樹, 服部雄太 : モデルの判別精度によるグローバルリコーディングの有用性評価, 統計研究彙報, 第 77 号, pp.1-14, 2020.
- 166) Stephan Dreiseitl, Lucila Ohno-Machado: Logistic regression and artificial neural network classification models: a methodology review, *Journal of Biomedical Informatics*, Volume 35, Issues 5–6, pp.352-359, 2002.8 (DOI: [https://doi.org/10.1016/S1532-0464\(03\)00034-0](https://doi.org/10.1016/S1532-0464(03)00034-0))
- 167) 国土交通省 : 地域区分新旧表, <https://www.mlit.go.jp/common/001500182.pdf>, 2023.1.12 参照

謝辞

本論文は、筆者が2019年4月から2023年3月にかけて、札幌市立大学大学院デザイン研究科に在籍し取りまとめたものです。本論文をまとめるにあたり、多くの方々の多大なるご指導とご協力を賜りました。ここに記して深く感謝の意を表します。

札幌市立大学デザイン学部の齊藤雅也教授には、2015年に学部生として研究室に在籍させていただいて以来、常に暖かい激励のもと、研究の考え方や進め方、計測機器の取り扱い、論文の執筆方法にいたるまで、実に多くのことをご指導いただきました。博士前期課程では、2年次進級と同時に（地独）北海道立総合研究機構へ就職することになったときも、背中を押していただきました。また本論文をまとめるにあたり、時には厳しく、かつ明確なご指導やご助言をいただきながら、議論をさせていただきました。第5章、第6章では調査協力者の募集や計測機器の準備・配布などにもご支援いただきました。本論文をまとめることができたのは、齊藤先生のご指導やご支援のおかげでございます。心より深く感謝申し上げます。

椎野亜紀夫教授、藤木淳教授、山田信博准教授は、本論文の審査をお引き受けいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

本論文の核となる概念である「不快でない」は、東京都市大学の宿谷昌則名誉教授との議論の中から整理されたものです。「不快でない」に着目できたことで本論文をまとめることができました。心より感謝申し上げます。

札幌市立大学デザイン学部の藤木淳教授、札幌市立大学大学院デザイン研究科の三上拓哉氏、原大介氏（現石本建築事務所）には、第4章の被験者実験の実施や心理量の申告システムをPCで構築していただきました。心より感謝申し上げます。

東京都立大学の須永名誉教授、札幌市立大学看護学部の鬼塚美玲講師、国立保健医療科学院の下ノ菌慧研究員には、第5章と第6章の調査や内容に関する議論をし、的確なご指摘、ご助言をいただきました。また、査読論文の投稿に際しては、私の不慣れな文章に対して修正してくださり、また査読者への回答方法にもご指導いただきました。心より感謝申し上げます。

特に第5章、第6章の調査は、2019年に須永名誉教授と齊藤雅也教授からお声がけいただき、熱中症の研究に関わらせていただけたことがきっかけとなりました。本論文をまとめるうえで、ターニングポイントになったと考えています。心より感謝申し上げます。

鬼塚美玲講師には、「体熱感」という建築環境工学では扱ってこなかった心理量を教えて

第7章 総括

いただきました。急にお声がけさせていただき、研究に参画してもらいましたが、看護学からの重要な指摘や知見をいただきました。心より感謝申し上げます。

下ノ菌慧研究員は、当時同じ職場の先輩として、仕事や研究に関する様々なお助言をいただきました。査読論文を執筆する際には、的確な修文や分析のアイデアをいただきました。心より感謝申し上げます。

(地独) 北海道立総合研究機構建築研究本部の皆様には、本論文に関する議論や博士論文執筆にかかる様々な支援をいただきました。心より感謝申し上げます。

最後に、札幌市立大学と博士前期課程への進学や、勝手気ままな生活をサポートしてくれた両親には感謝しかありません。10年ほど前に大学へ通うことを許してくれたことで、ここまで来ることができました。心より感謝申し上げます。

參考資料

第5章、第6章で使用したアンケートを参考資料として示す。

夏の暑さに関するアンケート調査

※できるだけ10時～14時の間でお答えください。また、回答時の状況・行動についてお答えください。

Q0. 現在の時刻を教えてください。(当てはまる項目1つに✓)

月 日 <input type="checkbox"/> 10時 <input type="checkbox"/> 11時 <input type="checkbox"/> 12時 <input type="checkbox"/> 13時 <input type="checkbox"/> 14時 <input type="checkbox"/> その他 (時)

Q1. 現在、何℃だと思えますか? _____℃

※温度計を見たり、他の人と相談したりしないでください。

Q2. 現在、どのように感じていますか? (当てはまる項目1つに✓)

① 室内の暑さ感について、どのように感じていますか? <input type="checkbox"/> 非常に暑い <input type="checkbox"/> やや涼しい <input type="checkbox"/> 暑い <input type="checkbox"/> 涼しい <input type="checkbox"/> やや暑い <input type="checkbox"/> 寒い <input type="checkbox"/> どちらでもない	② 身体の内部で熱さを感じていますか? <input type="checkbox"/> とても熱さを感じている <input type="checkbox"/> 熱さを感じている <input type="checkbox"/> やや熱さを感じている <input type="checkbox"/> 熱さを感じていない
③ 風を感じますか? <input type="checkbox"/> 感じない <input type="checkbox"/> やや感じる <input type="checkbox"/> 感じる <input type="checkbox"/> とても感じる	④ 汗をかいていますか? <input type="checkbox"/> かいている <input type="checkbox"/> かいていない
⑤ 熱的な快・不快感をお答えください。(別紙を参照してお答えください。) <input type="checkbox"/> 不快 <input type="checkbox"/> 不快でない <input type="checkbox"/> 快適(心地良い)	⑥ 今の状態に対する許容度をお答えください。 <input type="checkbox"/> 受け入れられない <input type="checkbox"/> 受け入れられる

Q3. 別紙を参照して、現在、自分がどの状況にいると思えますか? (当てはまる項目1つに✓)

<input type="checkbox"/> 危険 <input type="checkbox"/> 厳重警戒 <input type="checkbox"/> 警戒 <input type="checkbox"/> 注意 <input type="checkbox"/> 問題なし

Q4. 現在、暑さ対策として行なっていることを教えてください。(当てはまる項目すべてに✓)

<input type="checkbox"/> エアコンを運転している <input type="checkbox"/> 扇風機をつけている <input type="checkbox"/> 飲み物を飲んでいる <input type="checkbox"/> 窓を開けている <input type="checkbox"/> 窓を閉めている <input type="checkbox"/> カーテンを閉めている <input type="checkbox"/> 軽装をしている <input type="checkbox"/> その他 ()

Q5. 現在の服装について教えてください。(当てはまる項目すべてに✓)

<input type="checkbox"/> Yシャツ <input type="checkbox"/> ワンピース <input type="checkbox"/> ロングスカート <input type="checkbox"/> くつした <input type="checkbox"/> Tシャツ <input type="checkbox"/> 長ズボン <input type="checkbox"/> スカート <input type="checkbox"/> マスク <input type="checkbox"/> 長袖シャツ <input type="checkbox"/> 半ズボン <input type="checkbox"/> 肌着 <input type="checkbox"/> その他 ()

Q6. アンケートに回答する直前は、何をしていましたか? (当てはまる項目1つに✓)

室内にいた → <input type="checkbox"/> 本・新聞を読む <input type="checkbox"/> 掃除 <input type="checkbox"/> 洗濯 <input type="checkbox"/> 料理 <input type="checkbox"/> その他(具体的に:)
屋外にいた → <input type="checkbox"/> 買い物 <input type="checkbox"/> 散歩 <input type="checkbox"/> 送迎 <input type="checkbox"/> 軽作業 <input type="checkbox"/> スポーツ <input type="checkbox"/> その他(具体的に:)