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

STUDY ON OCCUPANTS' COGNITIVE TEMPERATURE SCALE
FOR THEIR ENVIRONMENTAL CONTROL BEHAVIORS

In the case of the university laboratories in summer in Sapporo

斉藤 雅也*

Masaya SAITO

An experimental study on occupants' cognitive temperature scale for their environmental control behaviors was made in the university laboratories in summer in Sapporo. Their cognitive temperature scale is that they assumed the temperatures of the indoor air and the wall surfaces when they got into their office every morning. Their cognitive temperature scale is associated with the actual indoor temperature scale. The difference between the two of indoor air is minimize around 27 °C. Their thermal sensation is associated with their cognitive temperature scale more than the actual indoor temperature scale. On the other hand, there is significant difference between the two of the window surface against others. It suggests that for the occupants it is difficult to understand the thermal condition of window surface including the indoor-side blind. A group of a window surface temperature of 29 °C or higher on the average assumed window surface temperature up to 10 °C lower. In this group opening the windows and turning the fans in night time as their environmental control behaviors are not well-worked.

Keywords : *Cognitive Temperature Scale, Environmental Control Behavior, Thermal Sensation*

想像温度, 環境調整行動, 温熱感覚

1. はじめに

エネルギー問題・環境問題の解決に寄与する建築の断熱や日射遮蔽・室温制御などに関するハード面の研究や技術開発はこれまで著しく進展してきた。現在、これらの要素技術は、“環境建築^{1),2)}”や“自然共生建築³⁾”において統合された形として表れているが、“環境建築”の省資源・省エネルギー性や快適性は、ソフト面であるヒトの住まい方からも大きく影響を受ける^{4),5)}。したがって、ヒトの住まい方が環境建築やその技術によってどのような影響を受けるのか、あるいはハード面である技術の特長を十分に引き出して、より高度な快適さをヒトにもたらすのは、どのような住まい方が適切かを明らかにする研究をより一層進める必要がある。

ヒトの住まい方や生活行動、環境調整行動^{注1)}を対象にした研究はこれまでに数多くなされている。たとえば、澤地ら^{6)~8)}は、住宅の温熱環境と住まい手の暖冷房行為を含む生活行動の時刻変化に着目して、室内気候の形成に住まい手の生活行動が大きく寄与することを明らかにしている。また、暖冷房期間・使用時間帯等についての地域性の違いに着目した研究例として、鈴木ら⁹⁾、坊垣ら¹⁰⁾の全国調査がある。これらの結果に拠ると、地域によって生活習慣の一部としての暖冷房の使い方に違いがあることが明らかにされている。一方、梅宮ら¹¹⁾、澤島ら^{12),13)}も、関西や京都での夏季の防暑行為や冬季の暖房方法について地域特有の実態を明らかにしている。また、深澤ら¹⁴⁾のように、建築のハードの性能に関わる熱負荷計算や熱的な快適性評価に住まい手の環境調整行動を反映する試みもある。

以上のように、地域の気候特性や室内気候形成と、ヒトの住まい

方や環境調整行動の関係はいくつか明らかにされているが、ヒトの環境に対する感覚と行動の成立過程や、それが建築のハード技術とどのような対応関係にあるかを明らかにした研究はこれまでほとんどない。宿谷は、解剖学の知見¹⁵⁾に基づいて、対応関係の流れをヒトの「感覚－行動」プロセス^{16),17)}と表現している。宿谷・筆者らは、これまでに夏季の住まい方の違いが住まい手の心理と生理に与える影響を明らかにする研究^{18),19)}に取り組んできたが、ヒトの感覚から行動への繋がりを明らかにするものではない。したがって、自然のポテンシャルを活かす、あるいは建築のハード面である技術の特長を活かすヒトの「感覚－行動」プロセスは、どのような条件が成立した際に誘発されるかを具体的に明らかにする必要がある。

筆者は、ヒトの温熱感覚に加えて、ヒトが想像する温度（以下、想像温度）^{注2),20)}に着目し、温熱感覚や想像温度が環境調整行動に与える影響を明らかにする調査研究を行なってきた^{21)~26)}。これまでの研究成果からヒトの「感覚－行動」プロセスの関係を考えると、「感覚」には温熱感覚や想像温度が、「行動」には環境調整行動が相当すると考えられる。これまでの研究に拠ると、自然のポテンシャルを活かす環境調整行動（たとえば、窓の開閉や日除けを設けるなど）が見られる住まい手は、想像温度と実際に実現している温度（以下、実温度）とに大きな差はなく、逆に環境調整行動があまり見られない住まい手は、両者に大きな差がある傾向が見られた^{22)~24)}。以上のことから、ヒトの想像温度と実温度の差ができるだけ小さくなる条件や、住まい手が適切な環境調整行動を選択できる物理的な条件をより明確にすることは極めて有用と考えられる。そこで得られた

本論文は、日本建築学会大会学術講演会等において発表した論文^{21)~24)}に基づいて加筆・修正したものである。

* 札幌市立大学デザイン学部デザイン学科
専任講師・博士(工学)

Assistant Prof., Department of Design, School of Design, Sapporo City University, Dr. Eng.

知見は、省資源・省エネルギーで、より高度な快適さをヒトにもたらす建築環境システム計画のための一助になると考えられる。

ヒトの想像温度に関する研究は、東北地方にて冬季の居間室温と住まい手の室温調整に関する調査例²⁷⁾があるが、それを除けば、国内外を通じてほとんど類を見ない。本研究では、夏季の札幌にある大学研究室に在る教員を対象にした実測調査を行ない、ヒトの温熱感覚と想像温度・実際温度の関係を明らかにした。加えて、想像温度と実際温度の差に注目し、その差と防暑に関わる環境調整行動（窓の開閉・ファンの発停）の出現頻度の対応関係を明らかにした。

2. 実測調査の概要

実測調査は、2007年7月26日～8月11日に、札幌市立大学デザイン学部芸術の森キャンパスの教育研究A棟とB棟にある個人研究室17室（教員17人）を対象とした。表1は実測調査の概要である。図1と図2に示すように、A棟とB棟は、北緩斜面の北側にA棟、南側にB棟が配置され、A棟の高さはB棟より1階分低く、A棟2階がB棟1階に相当する。B棟東面中央の前室には、高さ10m超の白樺とミズナラの樹木がある。図3に示すように、A棟とB棟の各研究室の前には前室があり、教員同士の打ち合わせや団欒等に利用されている。A棟とB棟の建物中央には、全面ガラスの切妻屋根を有するアトリウムがあり、実測期間中の昼間は、アトリウム上部の窓は開放された状態だった（図4）。期間中の天候はおおむね晴天が多く、雨天日は全体の15%だった。

各研究室は、間口3m、奥行6m、高さ4.5m（床面積18㎡）で、ほぼ真東に面する屋外側に、開閉できる高窓（1.0m×0.5m）が2つ、側窓（1.8m×0.5m）が1つ、嵌め殺しの主窓（1.8m×1.8m）が1つあり、その室内側にはベネシャンプラインドがある。前室側はドア（2.5m×1.0m）とドア上に高窓（1.0m×1.0m）が1つある（図5）。窓、ドアの開閉、ブラインドの昇降は手動で調節できるが、屋外側高窓はハンドル回転式の開閉装置によって、前室側高窓はフック操作を行なう2mほどの棒によって開閉する。屋外側の窓上には給気ファン（三菱電機V-12PSEQD4）と排気ファン（三菱電機V-12PSED4）がそれぞれあるが、エアコンは施設の運用開始時から設置されていない。

各室中央に、デジタル表示付き温度計（T&D社製TR-51S）1台を置き、15分間隔で室温（実際室温）を自動記録した。図6は、各教員に依頼した一日の作業スケジュールである。教員は毎日、出勤して入室した際に、温熱感覚と乾湿感覚のほか、環境調整行動としての窓やドアの開閉、ブラインドの昇降、蛍光灯のON/OFF、ファンのON/OFF状態を記録した。温熱感覚と乾湿感覚については、昼休みと退勤時にも、環境調整行動は昼休みにも回答してもらった。回答用紙には、自室の温熱環境に関してコメントできる自由記述欄も設けた。

想像温度は、出勤して入室した際（以下、出勤時）の室温と4つの壁面（窓面・床面・壁面・天井面）の温度をそれぞれ想像、記録してもらった^{注3), 注4)}。実際室温はデジタル温度計で、実際の各表面温は放射温度計（MB8R-100C）で室中央から壁方面・床方面・窓方面・天井方面に向けてそれぞれ計測・記録した^{注5)}。窓面温については、ブラインドが降りている時（ブラインド有）は、ブラインド内表面温、ブラインドが上がっている時（ブラインド無）は、窓ガラス内表面温を各教員は計測していることになる。本実測を通して、各教員ができるだけふだんと変わらない自然な状態で過ごしてもらうために、

表1 実測調査の概要

場所	札幌市立大学 芸術の森キャンパス（札幌市南区） デザイン学部・教員研究室（17室）
主な特徴	20㎡/室・東面窓・エアコンなし
期間	2007/7/26～2007/8/11（土日祝は除く）
調査協力者	教員17人（男16、女1）建築環境工学の非専門家
設置機器	各室中央に自記温度計（1台）、放射温度計
その他記録	毎日3回（出勤時・昼・晩）に 窓/ドア/ブラインドの開閉状態・換気扇・蛍光灯のON, OFF 温熱感覚・乾湿感覚・想像室温・想像表面温

図1 札幌市立大学 芸術の森キャンパス A棟・B棟 配置図

図2 A棟・B棟 東面立面図

図3 A棟の研究室と前室の配置（B棟も同じ）

図4 A棟 断面図（B棟も同じ）

図5 研究室の東面（屋外側）と西面（前室側）展開図

実測調査に関わる作業負荷をなるべくかけないように配慮した。

温熱感覚は、環境側（空気温度・湿度・放射・気流速度）と人体側（代謝量・着衣量）の6要素によって決定されるので、室温と放射温度以外の要素についても考慮する必要がある^{注6)}。今回の実測では、計測器の保有数の関係上、相対湿度と気流速度の大まかな傾向を把握するために簡易的に移動計測を実施した。相対湿度と気流速度のデータを検証した結果、相対湿度については各室とも55～65%、気流速度は窓の開閉の状態で多少の差はみられるものの居住域では概ね0.3～0.5m/s程度だったので、各室の相対湿度と気流速度の条件はほぼ同じとみなした。したがって、本研究では室温と放射（壁面温、窓面温、天井面温、床面温）が、各教員の想像温度や環境調整行動に与える影響を明らかにすることにした。

3. 結果と考察

3-1. 想像温度・実際温度と温熱感覚

調査協力者17人のうち、実測期間を通して連続するデータが得られた教員14人を解析対象とした。図7は、出勤時の実際室温に対する想像室温の関係を示したものである。実際室温と想像室温にはある程度の相関（ $R^2=0.46$ ）があり、同様に、床面・窓面・壁面・天井面の想像温度と実際温度の相関をそれぞれ求めると、床0.14、窓0.52、壁0.37、天井0.25となった。室温と全ての表面温において、窓面での実際温度と想像温度の相関が一番大きかった。

ところで、図7の直線 $y=x$ （実際室温と想像室温が同じ値になる）と回帰直線（ $y=0.75x+6.79$ ）の交点が約27℃にある。今回の実測では、実際室温が27℃のとき、それとほぼ同程度の室温を想像した教員が多かったと言える。実測を通しての出勤時間帯は、おおよそ午前8時～午前10時で、このときの外気温の平均は22℃であった。

図8と図9は、出勤時の実際室温、想像室温に対する温熱感覚である。出勤時の実際室温に対する温熱感覚の相関（ $R^2=0.22$ ）は、想像室温に対する温熱感覚の相関（ $R^2=0.39$ ）に比べて小さい。想像室温は、実際室温だけでなく他の環境要素（放射・湿度・気流速度）、人体側の要素（代謝量・着衣量）の影響を少なからず受けていると考えられる。各教員は、毎朝、自室に入室する前に最低でも5分ほどは屋外および屋内を歩行する。歩行による代謝量の増加とともに、屋外では日射に曝されることによる人体への蓄熱の影響があると考えられる¹⁹⁾。各教員の身体が非定常で過渡的な熱的状态にあったことが想像室温に影響しているのではないかと考えられる。

実測調査によって得られた想像室温と実際室温の差、想像の床面温・窓面温・壁面温・天井面温と実際のそれらの各表面温の差を、研究室ごとに一日あたりの平均値としてそれぞれ算出した。図10は、A棟の各室において、想像と実際の温度差を絶対値で表したものである。図中の棒グラフは、左から順に、室温・床・窓・壁・天井の表面温の合計5つである。各室にばらつきは見られるが、窓での実際と想像の温度差は、A5、A7を除くと室温や他の表面温よりも総じて大きい。図11はB棟の結果だが、B2、B8を除くとA棟と同様に窓面での温度差が他よりも大きい。窓面の想像温度と実際温度の相関が一番大きいにも関わらず、想像温度が実際温度と離れているのは、一般にヒトは窓面での熱的な状態を大まかには把握できていても、実際に窓面が何℃ぐらいになっているかを把握することが容易でないことを示唆している。

図6 各教員の一日の実測スケジュール

図7 出勤時の実際室温と想像室温

図8 出勤時の実際室温と温熱感覚

図9 出勤時の想像室温と温熱感覚

図 10 | 想像－実際 | の 1 日あたりの平均温度差 (A 棟)

窓面温を測定する際の窓の状態としては、ブラインドが上がった状態（ブラインド無し）、つまり、直接、窓ガラスの室内側表面温を測定した場合と、ブラインドが下がった状態（ブラインド有り）で、ブラインドの室内側表面温を測定した場合の二つの可能性があったと考えられる。このことが、窓面での想像と実際の温度差が室温や他の表面温よりも大きかった理由の一つと考えられる。ブラインド無しでは日射が窓ガラスを透過しているため窓ガラス表面温は極端に高くないが、ブラインド有りでは窓ガラスを透過した日射がブラインドの屋外側表面に当たり吸収されて熱になるのでブラインドの表面温はかなり高くなる。実測終了後に行なったヒアリングにて、実験者から以上の伝熱現象を各教員に対して解説したところ、過半数の教員が「今回の実測で初めて（窓面での伝熱現象を）理解できた」と回答した。すなわち、窓面温の実際と想像の差は、窓面での伝熱現象が正確に認識されてなかったことによるものと考えられる。建築環境を専門とする研究者や技術者にとっては常識的な内容であるとしても、非専門家の住まい手にとっては、今回のような体感が伴わないと、実際に窓で起こっている現象が意外にも理解されていない場合が少なくないと考えられる。なお、図 11 の B2 の教員は、自室の「暑さ」に耐えかねて、実測途中でエアコンを自身の判断で設置した。B2 の想像と実際の温度差は他と比べて顕著に大きい。エアコンの運転によって、正確な室温や表面温を想像することができなくなっていると懸念される一例である。

図 12 は、実測期間の全 13 室における出勤時の実際窓面温と想像窓面温の関係を示したものである。全室における日平均の実際窓面温の累積度数は、実際窓面温が 29℃前後のとき 50% となった。このことから実際窓面温の平均が 29℃以下の 6 室（昇順に B9, B8, A5, B7, A7, B1）を●群とし、実際窓面温の平均が 29℃以上の残りの 7 室（昇順に A9, B5, A11, A3, A8, A4, A10）を◇群とした。なお、実測途中でエアコンが設置された B2 については、物理的条件が他と明らかに異なるので以降の解析からは除いた。

全室において、●群は B 棟、◇群は A 棟が多く占めている。これは、B 棟の 3 室（B6, B7, B8 / B6 は欠測）の窓前面に大きな樹木があり、室内に入射する日差しを樹木が和らげていたことが一因と考えられる。いずれにしても●群は比較的に実際窓面温を 29℃以下に保っている室で、出勤時に同時に調査している温熱感覚を確認すると総じて「涼しい」の申告が多く見られた。一方、◇群は、実際窓面温が 35℃を超える時も見られ、温熱感覚の申告も「暑い」もしくは「と

図 11 | 想像－実際 | の 1 日あたりの平均温度差 (B 棟)

図 12 出勤時の実際窓面温度と想像窓面温度

ても暑い」が数多く見られた。特に、●群と◇群の回帰直線の傾きをそれぞれ比較すると、●群 (0.62) が、◇群 (0.41) より大きく、●群の実際窓面温と想像窓面温の差は◇群に比べて小さいと言える。◇群の中には、実際窓面温が 35℃のとき 25℃、実際窓面温が 40℃のとき 30℃程度と実際よりも最大で 10℃ほど低い窓面温を想像している者もいる。◇群で実際窓面温が 35℃以上になる場合は、前日の帰宅時にブラインドを降ろして退室し、翌朝の出勤時にブラインドの室内側表面温を計測したと予想される。自由記述欄のコメントによると、◇群の多くは、室内に入る日射を遮るために（防暑行動として）ブラインドを下しているのにも関わらず、室内の温熱環境が緩和されない理由がわからない状態からか、室内温熱環境に対する不満や疑問の声が多かった^{注7)}。

図 13 から図 17 は、出勤時の各室の実際室温、実際の床面温、窓面温、壁面温、天井面温のそれぞれの期間平均と、(想像－実際) の温度差の期間平均である。温度差は想像と実際の大小も判別できるように正負にて表した。5 つの図とも横軸は各室を表し、実際窓面温の期間平均を昇順に示したものである。つまり、図の左半分の 6 室は●群、右半分の 7 室は◇群である（両群の境界は B1 と A9 の間）。

図 15 の窓面温を見ると、◇群での想像窓面温は、実際窓面温よりも低く（A9 を除く）、A8, A4, A10 は期間平均で 2℃ほど低い。一方、●群では、想像窓面温は実際窓面温とほぼ同程度か高い（A7, B9 を除

く)。同様の傾向は、図 16 の壁面温 (A7, B1 を除く)、図 17 の天井面温 (A7, A9 を除く) にも現れている。以上のように、床以外の窓、壁、天井における (想像-実際) の大小は、一部の例外 (A7, A9 など) を除けば、ほぼ同じ関係といえ、本実測の想像温度は、窓、壁、天井からの放射の影響を大きく受けていると考えられる。

●群と◇群に関係なく、全体としては窓、壁、天井からの放射の影響を受けていたが、◇群には「白色のブラインドの表面温が想像以上に高かった」のコメントがいくつかあった。◇群の想像温度には、窓、壁、天井からの放射の感じ方の違いに加えて、別の要素 (たとえば、「色」から想像する思い込み) が存在していた可能性がある。◇群の実際温度が想像温度よりも高く、特に、窓面温においてその傾向が顕著であった理由の一つではないかと考えられる。

本実測では、一部の例外は見られるが、◇群は●群に比べて実現されている室内温熱環境を「とても暑い」、「暑い」と感じるヒトが多かったので、◇群には夏季に窓周囲の放射環境を上手く調整して、室内側への放射をできるだけ小さくする方法を指導する必要がある。このことから、最近、全国的に拡がりつつある住環境教育^{(29)~(32)}等においても、窓ガラス、ブラインドやカーテンの熱特性など、適切な制御方法に関わる情報を住まい手の体感が伴う形でわかりやすく伝えるべきことと考える。

3-2. 想像温度・実際温度と環境調整行動

図 18 から図 22 は、防暑に関わる環境調整行動として、研究室の屋外側高窓と側窓、前室側の高窓の夜間開閉頻度、および給気と排気ファンの夜間運転頻度の期間平均である。期間平均の実際室温 (図中の○) と実際窓面温 (□) も併せて示した。5つの図とも横軸は共通で、左から実際窓面温の昇順で、左半分が●群、右半分が◇群である。グレー色は「夜間換気・通風」として窓が開放していた時間、あるいはファンが運転されていた時間を表している。逆に、黒色は窓は閉鎖、ファンは停止していた時間を意味する。

図 18 の屋外側高窓は床からの高さが 2.5m 以上あり、窓の位置や開き方として屋外から簡単にヒトが侵入できないので、夜間でも開放する教員がかなり見られる。図 19 の屋外側の側窓は夜間はほとんど開放されていない。これは高窓よりも防犯に対する心理が強く働いたためと考えられる。図 20 の前室側高窓は特殊な棒を使って開閉するので開閉は頻繁になされない。B8, A7, A9, A8 は「閉(黒)」と「開(グレー)」があるが、期間中に閉じていた窓を開放したことを意味する。

図 18 の屋外側高窓と図 20 の前室側高窓は、●群が開放、◇群が閉鎖を多く占めている。一部の例外として B7, B5 は、屋外側高窓が開放、前室側が閉鎖である。また A7, A3, A8 は、前室側が開放、屋外側が閉鎖である。夜間に冷涼な外気を効率よく室内に導くには、屋外側と室内側の 2 つの高窓を同時に開放する必要があるが、一方の高窓しか開いていなかった B5, A3, A8 は、結果として◇群になったと考えられる。B7 は窓前面にある樹木の日射遮へい効果により●群になったと考えられる (A7 の理由は不明)。以上のことから、夜間の高窓の開閉状況は、「実際窓面温の高低」と「実際窓面温と想像窓面温の差」に関係があると考えられる。つまり、夜間に 2 つの高窓を同時に開放した教員は、実際窓面温と想像窓面温の差はほとんどなく、実際窓面温を 35℃以下に保っていたと言える。

図 19 の屋外側側窓の開閉や、図 21 の給気ファン、図 22 の排気ファ

図 13 実際室温 と (想像-実際) 室温差

図 14 実際の床面温と (想像-実際) 床面温の差

図 15 実際の窓面温と (想像-実際) 窓面温の差

図 16 実際の壁面温と (想像-実際) 壁面温の差

図 17 実際の天井面温と (想像-実際) 天井面温の差

図 18 屋外側 高窓の夜間開閉頻度

図 19 屋外側 側窓の夜間開閉頻度

図 20 前室側 高窓の夜間開閉頻度

図 21 給気ファンの夜間運転頻度

図 22 排気ファンの夜間運転頻度

表 2 ●群と◇群の室内温熱環境と環境調整行動

	●群 (6 室平均)	◇群 (7 室平均)
実際の窓面温度	27.1℃	30.4℃
実際の窓面温		
一想像窓面温	+ 0.2℃	- 1.4℃
[夜間]		
屋外側の高窓開放率	48.7%	17.3%
前室側の高窓開放率	77.1%	29.8%
屋外側の側窓開放率	14.2%	1.4%
給気ファンの運転率	49.6%	14.3%
排気ファンの運転率	43.8%	14.3%

ンの発停には、図 18 や図 20 の高窓に見られた群の違いによる顕著な傾向はない。しかしながら、◇群の 4 室 (A3, A8, A4, A10) は、A8 の一時的な側窓の開放を除くと、夜間の屋外側高窓は常に閉鎖、ファンも停止している。このことが、昼間の室温上昇の原因になっていた可能性がある。

今回対象にした研究室では、夜間換気・通風による冷却効果が得られることが定量的に確認されている²⁸⁾。夜間の屋外側高窓の開放によって概ね 0.8 ~ 1.0 m/s の気流速度が得られる。窓の傾斜角などの流量係数を考慮した通気量は約 1,000 ~ 1,500 m³/h、換気回数にすると平均 12 ~ 19 回/h となる。一方、ファンによる換気性能は、給気用 50 m³/h、排気用 140 m³/h (カタログ値) で、給排気を同時にし

ても換気回数は 2 ~ 3 回/h となる (実際はファン近傍で取入外気がサーキュレートする可能性あり)。夜間に屋外側高窓を開放していた●群の A5, B7, B1 は、自由記述欄の情報から自然換気 (窓開放) が機械換気 (ファン運転) よりも通気量が大いことを理解していたようである。一方、夜間に屋外側高窓の閉鎖・ファン停止の◇群の A3, A8, A4, A10 は、昼間に窓を開放し、ファンを運転させていた。その一方で、夜間に両方の高窓を開放、ファンを運転していた●群の B9, B8, A5, B1 は、昼間 (特に午前中) は窓を閉め、ファンも停止していた。夜間換気による室の冷却効果を体得しているか否かが、群を分ける形で環境調整行動の違いが現れたと考えられる。

表 2 は●群と◇群の窓面温と環境調整行動の特徴を整理したもの

である。●群の実際窓面温の平均は◇群より 3.3°C ($=30.4-27.1$) 低く、実際窓面温と想像窓面温差は 1.6°C ($=0.2-(-1.4)$) の違いがある。夜間の窓開放やファンの運転にも顕著な差が見られることがわかった。●群は、温度計の示度をふだんから頻繁に観察し、試行錯誤しながらも環境調整行動に積極性が見られたと言える。窓面温を（実際に近い値として）想像できる住まい手は、夜間換気に関わる窓開放やファンの運転などの環境調整行動も積極的で、その結果として、実際窓面温も低く抑えていたと考えられる。このように、自分の暴露環境の熱的状态を想像できる能力は、知覚情報に伴う、可視化された環境情報の体得によって養われる可能性がある^{33)~35)}。このことは、ヒトの「感覚－行動」プロセスを醸成させていく上で重要な視点と考えられる。

4. まとめ

本研究では、夏季の札幌の大学研究室に在する教員を対象にして、ヒトの温熱感覚、想像温度・実際温度、環境調整行動の關係に着目した実測調査を行ない、以下のことが明らかになった。

- 1) 想像室温と実際室温には、ある程度の相関 ($R^2=0.46$) があった。本実測では、室温 27°C (外気温 22°C) 付近にて両者の差が極小になった。また、室温・床面・窓面・壁面・天井面の中で想像温度と実際温度の相関が一番大きかったのは窓面の相関 ($R^2=0.52$) だった。
- 2) 温熱感覚は、実際室温との相関 ($R^2=0.22$) よりも想像室温との相関 ($R^2=0.39$) がやや大きかった。想像室温は、実際室温だけでなく他の放射・湿度・気流速度・代謝量・着衣量の影響を少なからず受けていると考えられる。
- 3) 窓面での想像温度と実際温度の相関が一番高かったが、窓面での想像温度と実際温度の差は、室温やその他の部位表面に比べて顕著に大きかった。建築環境工学系の専門家ではない一般の住まい手が、ガラスやブラインド表面で起こる伝熱現象を想像することは容易でないことが示唆された。
- 4) 実際窓面温の平均が 29°C 以下だった室の住まい手は、自身が想像する窓面温は実際とほぼ同じかやや高く、環境調整行動（夜間換気）にも積極性が見られた。その反対に、実際窓面温の平均が 29°C 以上の室の住まい手は、自身が想像する窓面温度は実際窓面温よりも最大で約 10°C 、期間平均で約 2°C 低く、防暑に対応する環境調整行動も十分でない傾向にあった。
- 5) 建築環境工学の専門家ではない一般の住まい手が、外気温とともに室温や室内表面温を想像し、さらに実際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が示唆された。

謝辞

本研究にご協力をいただいた札幌市立大学・札幌市立高等専門学校の教職員の皆さまに謝意を表します。なお、本研究は、平成 20 年度公立大学法人札幌市立大学学術奨励研究『住環境情報の可視化がヒトの「感覚－行動」プロセスに与える影響(研究代表者: 斉藤雅也)』、科学研究費補助金 基盤研究 B『自然のポテンシャルを活かす「感覚－行動」プロセスの解明(研究代表者: 宿谷昌則)』の補助を受けた。

注

注 1) 本研究および参考文献中にある「環境調整行動」、「生活行動」、「住まい方」「ライフスタイル」の 4 つの用語について、本研究では以下のように解釈し、分類した。「環境調整行動」は、住まい手が室内気候を温熱的に快適な環境にするために意図的（自発的）に環境に対して働きかける行動およびその要素を意味する。たとえば、窓やカーテンの開閉、ブラインドの昇降、換気扇の発停などを指す。「生活行動」は、日常生活に不可欠な行動とその要素を意味する。たとえば、炊事、洗濯、入浴、睡眠などで、前述した環境調整行動も含まれる。「住まい方」や「ライフスタイル」は、「生活行動」の集合を意味する。

注 2) Gagge ら²⁰⁾ に拠ると、温熱感覚 (Thermal Sensation) は人体内部（コア）も含んだ感覚なのに対して、温度感覚 (Temperature Sensation) は皮膚表面（シェル）で感知する温熱刺激に対する感覚として定義されている。本研究における「想像温度」とは、Gagge らの温熱刺激に対する感覚に加えて、任意の温熱環境下においてヒトが頭の中でイメージ（想像）する温度 (Cognitive Temperature Scale) で、Gagge らが定義した温度感覚 (Temperature Sensation) とは異なる概念である。

注 3) 「想像温度」は、調査協力者の教員の専門知識や経験が大きく影響していると考えられる。解析の対象とした教員 14 人の専門分野は以下の構成だった。芸術・デザイン分野（工業デザインも含む）：9 人、ランドスケープ：2 人、数学：2 人、建築（建築意匠・設計）：1 人。今回の実験では、「建築物理」を専門とする教員はいないので、教員全員を（建築環境工学について詳しい専門家は少ない）非専門家とみなした。

注 4) 本研究での「想像温度」は、室空間における温熱刺激に加えて、教員の「思い込み」を含めた、生活履歴や普段の住まい方が影響するものと考えられる。したがって、実験者からは、「想像温度」について事前にその詳細を教示せずに、回答は教員独自の直感・判断に委ねた。想像温度の回答は、実験開始当初は小数点以下の値はなかったが、実験が進むにつれて小数点以下の想像温度を回答する被験者が増えた。教員によっては（特に本文中の●群の教員）、毎日、実際の室温や表面温度の値を観察・記録したことによる影響があったものと考えられる。

注 5) 各教員に依頼した室内での壁・床・窓・天井面の表面温度の測定は、各教員が放射温度計を扱うことに慣れていないことによる恣意的な測定をできるだけ排除するために、事前に室内での測定点および放射温度計を向ける位置・角度を実験者が指定し、測定の練習を数回行なった。
本実測で扱った放射温度計 (MB8R-100C) の測定精度は $\pm 3^{\circ}\text{C}$ で、「正確な 1 点の表面温度」を計測・評価することは必ずしも十分にできない。今回は簡単のため、各教員が自室で測定した壁・床・窓・天井表面温とは、室中央部から壁・床・窓・天井面に向けた「面全体の平均的な表面温度」と考えた。1 点における正確な表面温度は計測できなくとも、4 方面それぞれの温度の高低・分布は出ているものと判断した。

注 6) 温熱快適性の評価に求められる、環境側要素: 室温 (空気温度)、放射 (周壁表面温度) 以外の湿度・気流速度の計測は、各研究室における日常性の保持を最優先するのと（センサーや計器類、コード類をなるべく教員に見せない）、湿度計・微風速計の不足により全室の同時計測が不可能だったので実施しなかった。事前に移動式の簡易計測を行なった。計測の結果、および既往研究²⁸⁾ に拠ると、出勤時と想定される午前 8 時～午前 10 時では、相対湿度 55～65%、気流速度 $0.3 \sim 0.5 \text{ m/s}$ 、特に、窓が開いていても、高窓と側窓の配置から、気流が直接人体に当たる場合があまりなく、室内居住域での気流の変動は極めて少ないことを確認した。人体側要素の代謝量は、キャンパス最寄りのバス停、もしくは自家用車を駐車場から降りて自室に至るまでの 5 分程度の歩行後に入室するものとし 1.2 Met 程度、温熱的には非定常で過渡的な状況であるが、全員がほぼ同じ条件と想定した。着衣量は、実験者の観察より概ね平均的な夏服で、ほぼ全員が同じ $0.6 \sim 0.7 \text{ clo}$ 程度と想定した。

注 7) 本実測では、東面に大きな窓面をもつ縦長の研究室形状の特徴が、室温や窓・壁・天井の表面温に表われていたと考えられる。間口 3 m の奥行 6 m の縦長の形状で、室中央に教員が居ることを想定すると、両側の壁面からの放射の影響が大きい。教員が室中央より窓寄りにいると、窓面からの放射が温熱感覚や想像温度に与える影響が大きいものと考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築家協会環境行動委員会：環境建築ガイドブック、建築ジャーナル、2007. 12
- 2) 日本建築学会編：資源・エネルギーと建築（シリーズ地球環境建築 専門編）、彰国社、2004. 11
- 3) 宿谷昌則：自然共生建築を求めて、鹿島出版会、1999. 2
- 4) たとえば、浅輪貴史・梅干野晃・武澤秀幸・清水敬示：戸建住宅における窓開閉・冷房使用の行動特性と影響要因解析：屋外空間の微気候と居住者の開放的な住まい方との関わりに関する研究 その2、日本建築学会環境系論文集 第593号、pp. 87-94、2005. 7
- 5) 水谷傑・井上隆・小熊孝典：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 第609号、pp. 117-124、2006. 11
- 6) 澤地孝男・松尾陽・羽田野健・福島弘幸：暖冷房行為生起の決定要因と許容室温範囲に関する検討 住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究 その1、日本建築学会計画系論文報告集 第382号、pp. 48-59、1987. 12
- 7) 澤地孝男・松尾陽：住宅における生活行動の時刻変化（主婦の場合）住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究 その2、日本建築学会計画系論文報告集 第398号、pp. 35-46、1989. 4
- 8) 澤地孝男・松尾陽：住宅における生活行動の時刻変化（主人と子供の場合）住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究 その3、日本建築学会計画系論文報告集 第404号、pp. 23-36、1989. 4
- 9) 鈴木憲三・松原斎樹・森田大・澤地孝男・坊垣和明：札幌、京都、那覇の公営集合住宅における暖冷房環境の比較分析 暖冷房使用に関する意識と住まい方の地域特性と省エネルギー対策の研究 その1、日本建築学会計画系論文集 No. 475、pp. 17-24、1995. 9
- 10) 坊垣和明・澤地孝男・吉野博・鈴木憲三・赤林伸一・井上隆・大野秀夫・松原斎樹・林徹夫・森田大：夏期および冬期の居住室温とその地域性に関する研究 ―全国的調査に基づく住宅のエネルギー消費とライフスタイルに関する研究―第2報、日本建築学会計画系論文集 No. 505、pp. 23-30、1998. 3
- 11) 梅宮典子・吉田治典・小林恒夫：冷房利用時間長さの要因に関する研究 京都における大学生の冷房利用行動について、日本建築学会計画系論文集 第543号、pp. 101-108、2001. 5
- 12) 澤島智明・松原斎樹・藏澄美仁：住宅の断熱性能による冬期居間の温熱環境と暖房の仕方の差異～関西地域における住宅の温熱環境と居住者の住まい方に関する事例研究 その1～、日本建築学会計画系論文集 第565号、pp. 75-82、2003. 3
- 13) 澤島智明・松原斎樹・藏澄美仁：防暑行為の実施実態と居住者の意識・価値観 プレハブ住宅居住者の夏期の防暑行為に関する研究 その1、日本建築学会環境系論文集 第578号、pp. 9-15、2004. 4
- 14) 深澤たまき・須永修通：居住者の環境調整行動を考慮した温熱性能評価方法、日本建築学会環境系論文集 第617号、pp. 81-86、2007. 7
- 15) 三木成夫：生命形態学序説―根源形象とメタモルフォーゼ、うぶすな書院、1992. 11
- 16) 宿谷昌則：人の「感覚―行動」プロセス、建築設計資料集成〔環境〕（第1章 人間・環境・設備 所収）、丸善、pp. 2-3、2007. 1
- 17) 宿谷昌則・西川竜二・菅原正則・高橋達・斉藤雅也：自然のポテンシャルを活かすヒトの「感覚―行動」プロセスの解明、科学研究費補助金 基盤研究B 報告書（研究代表者：宿谷昌則）、2008. 3
- 18) 斉藤雅也・松岡弘幸・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、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp. 497-500、2000. 9
- 19) 高橋達・斉藤雅也・蟻川洋祐・杉岡弘朗・松岡弘幸・宿谷昌則：夏季における住まい手の熱環境調整の行動と温冷感に関する観察方法の研究、日本建築学会計画系論文集 No. 531、pp. 37-43、2000. 5
- 20) Gagge, A. P.; Stolwijk, J. A. J.; Hardy, J. D.: Comfort and Thermal Sensations and Associated Physiological Responses at Various Ambient Temperatures. Environmental Research 1, pp. 1-20, 1967. 1
- 21) 斉藤雅也：寒冷地の住宅における冷房化の実態とヒトの温度感覚に関する一考察、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会 第36回熱シンポジウム講演予稿集、pp. 41-46、2006. 11
- 22) 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）、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp. 501-502、2007. 8
- 23) 斉藤雅也：ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する考察（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）、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp. 599-600、2008. 9
- 24) 斉藤雅也：ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する考察（その3. 想像窓面温度と環境調整行動）、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp. 453-454、2009. 8
- 25) M. Saito: Residential Active Cooling toward Snowy Cold Region in Japan and Human Temperature Sensitivity for Passive and Low Energy Cooling, Proceedings of 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low-Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, pp. 860-864, 2007. 9
- 26) M. Saito: Human Temperature Sensitivity and Self-conscious Environmental Behavior for Passive Heating and Cooling, Proceeding of the international Conference of Kansei Engineering and Emotion Research (KEER) 2007, B-26 pp. 1-6, 2007. 10
- 27) 西川竜二：東北地方の住宅における冬期の室温と住まい手の室温調整に関する調査研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp. 35-36、2006. 9
- 28) 斉藤雅也：札幌における夏季の夜間換気・日射遮へいの効果に関する研究、その1. 夜間換気効果の実測とエクセルギー解析、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp. 599-600、2006. 9
- 29) 小田桐直子・廣谷純子・善養寺幸子：小学校における環境教育、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会 第36回熱シンポジウム講演予稿集、pp. 105-108、2006. 11
- 30) 廣谷純子・小田桐直子・善養寺幸子：学校の改修プロセスを活用した技術者への環境教育、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会 第36回熱シンポジウム講演予稿集、pp. 109-112、2006. 11
- 31) 中村勉：学校エコ改修と環境建築、日本建築学会環境工学委員会熱環境小委員会 第36回熱シンポジウム講演予稿集、pp. 113-116、2006. 11
- 32) 日本建築学会編：学校のなかの地球―環境教育用教材、技報堂出版、2007. 1
- 33) 斉藤雅也：「環境感覚」を活かす建築設備と暮らしの技術 く自然エネルギー利用を計画するための一つの鍵>、建築設備と配管工事 4月号（巻頭言）、日本工業出版、pp. 1-4、2008. 4
- 34) 斉藤雅也：「温度感覚」を培う環境教育の可能性―環境情報の感知から環境調整行動へのつながり―、日本建築士事務所協会連合会機関誌アーガス・アイ (Argus-eye)、Vol. 45, No. 9 (通号 527)、pp. 19-21、2007. 9
- 35) 斉藤雅也：北海道の環境ポテンシャルを生かす〈つくる技術・使う技術〉、ランドスケープデザイン No. 62、マルモ出版、pp. 20-22、2008. 10

（2009年4月10日原稿受理、2009年9月10日採用決定）