

地域の気候風土を活かす「住みこなし」のための想像温度による検証 Verification by Cognitive Temperature for "Skillful and Comfortable Living" with Advantage of the Local Bioclimate

斉藤 雅也¹⁾, 辻原 万規彦²⁾, 伊澤 康一³⁾, 中村きらら⁴⁾

Masaya Saito, Makihiko Tsujihara, Ko-ichi Isawa, and Kirara Nakamura

- 1) 札幌市立大学 デザイン学部, 教授, 博士 (工学) (札幌市南区芸術の森 1, msaito@scu.ac.jp)
Sapporo City University, Professor, Dr.Eng.
- 2) 熊本県立大学 環境共生学部, 教授, 博士 (工学) (熊本市東区月出 3-1-100, m-tsuji@pu-kumamoto.ac.jp)
Prefectural University of Kumamoto, Professor, Dr.Eng.
- 3) 福山大学 工学部, 准教授, 博士 (工学) (福山市学園町 1 番地三蔵, koichi.isawa@fukuyama-u.ac.jp)
Fukuyama University, Professor, Dr.Eng.
- 4) 株式会社 丹青社, 修士 (環境共生学) (東京都港区港南 1-2-70, kirnakamura@tanseisha.co.jp)
Tanseisya Co. Ltd., M. Environmental and Symbiotic Sciences

This paper describes the concept of cognitive temperature and the results of subjective experiments on the use of cognitive temperature as a "skillful and comfortable living". The cognitive temperature is regional because it is influenced by the "memory and experience temperature" which is acted upon by the outside temperature information. The cognitive temperature is adjusted to a value close to the room temperature by daily observation of the indoor thermometer. This implies the development of "ability to have cognitive temperature" for the realization of "skillful and comfortable living".

想像温度, 記憶・経験温度, 温度想像力, 住みこなし

Cognitive Temperature, Memory and Experience Temperature, Ability to have Cognitive Temperature, and Skillful and Comfortable Living

1. はじめに

窓の開閉や着衣の調整, エアコンの発停, 居場所の変更などは, 熱的な不快を取り除き, 快を希求する住まい手の自律的な行動である. このような環境調整行動の群として現れる「住みこなし」は, 快だけでなく, 住まい手の満足感や喜びをもたらす姿と言える.

現在, ZEB・ZEH などの高性能建築が推進される中で, 建物のハード技術のポテンシャルをさらに引き出すソフト技術としての「住みこなし」は重要と考えられる. しかしながら, 質的な要素が複合する「住みこなし」は定量的な評価が難しいため, ハード技術に見合う研究成果の蓄積がほとんどない.

「想像温度」は, 住まい手が「いま, 何℃であるか?」を直感で想像し, 出力される温度の情報である^{1)~3)}. 筆者らがこれまで先導してきた研究によれば, 想像温度は熱的不快感・発汗などの生理・不快回避行動と強い相関がある. また, 地域の気候風土, 特に平均外気温が反映された「記憶・経験温度⁴⁾」を基盤にして形成されることが確認されている. 以上から, 地域の気候風土を活かす「住みこなし」を実現するためには, 自らが周囲の熱環境を感知し, 「いま何℃ぐらいか?」という温度に対する意識や想像力 (以下, 温度想像力) を持つ必要があると考えられる⁵⁾.

図 1 は「温度想像力」に対する「住みこなし」の概念図である. ①群は「温度想像力」と「住みこなし」がともに低く, 熱環境適応が難しい住まい手である (初

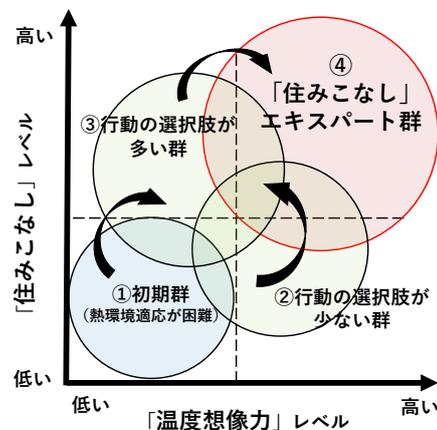


図 1 「温度想像力」に対する「住みこなし」の概念図

期群). ②群は「温度想像力」は高いが行動の選択肢が少ない群, ③群は「温度想像力」は低いが対応行動は多様にある群である. ④群は「温度想像力」と「住みこなし」の双方が高いエキスパート群で, 本研究の目的は, 住まい手が④群に変わっていくために必要とされる条件を明らかにすることである.

本報では, まず想像温度の形成・出力プロセスに関する先行研究の成果を紹介する. 次に, 「住みこなし」の評価尺度に想像温度を採用し, 想像温度と実際の温度の比較によって住まい手の「温度想像力」が養成されるかを明らかにした実験の結果と考察を述べる.

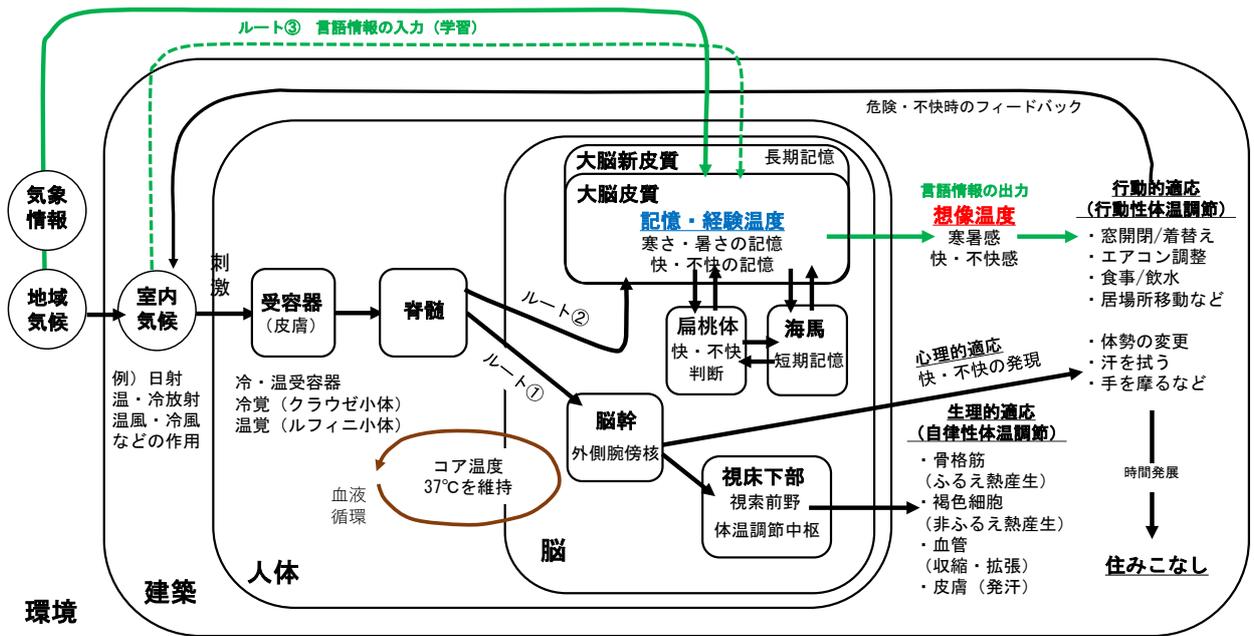


図2 熱環境適応プロセスにおける想像温度・住みこなし

2. 記憶・経験温度と想像温度

図2は、熱環境適応プロセスにおける想像温度・住みこなしの配置を示したものである。周囲環境からの放射・対流・伝導などによる熱的な刺激は、皮膚表層の温覚・冷覚を司る受容器で受け止められた後、脊髄を経て、脳内の体温調節中枢系（ルート①）と言語中枢系（ルート②）にそれぞれ伝えられる。

ルート①は、脊髄から延髄、脳幹の橋（外側腕傍核）、視床下部（視索前野）へ情報が伝えられ、自律性体温調節に活かされる。外側腕傍核では、命を脅かす危険が迫った際、短時間で不快と判断するために（言語化されない）低次の快・不快情報が生まれ行動性体温調節に活かされる⁶⁾。

ルート②は脊髄から大脳皮質に入る言語中枢系である。扁桃体では高次の快・不快を判断し、再び大脳皮質に戻す評価が繰り返される。また扁桃体と隣り合う短期記憶を保管する海馬にも情報が回る。一方、大脳皮質にはルート③の気象情報（緑の実線）が視覚・聴覚などを介して入る。大脳皮質では、過去の暑さ・寒さの記憶や「記憶・経験温度」を参照した結果として、想像温度や寒暑感、熱的な快・不快感が言語情報として出力される（言語化されない情報はルート①）。これらの出力情報は行動性体温調節に活かされる。その後、大脳新皮質に（長期の）行動情報が集積され「住みこなし」が現れると考えられる。

図3と4は、夏季の札幌の小学6年生（ほとんどが札幌生まれ）を対象にした調査結果である。外気温と通風時の教室の室温、児童の想像温度の分布と平均値である⁵⁾。図3は教室の温度計の室温表示に目隠しをした実験で児童は実際の室温表示を確認していない。一方、図4は想像温度の申告時に、毎回、教室の温度計表示を児童が確認・記録した結果である。室温表示

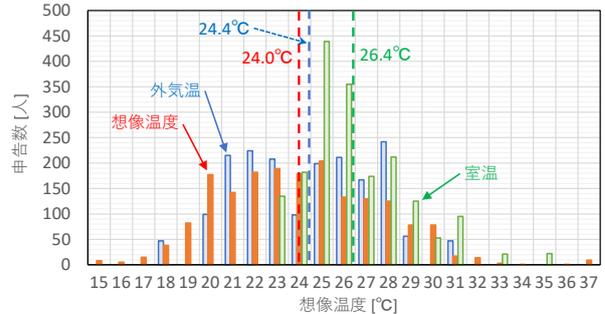


図3 札幌（夏）の外気温・室温・想像温度と平均値（小学生、室温の確認なし：2009～2012）

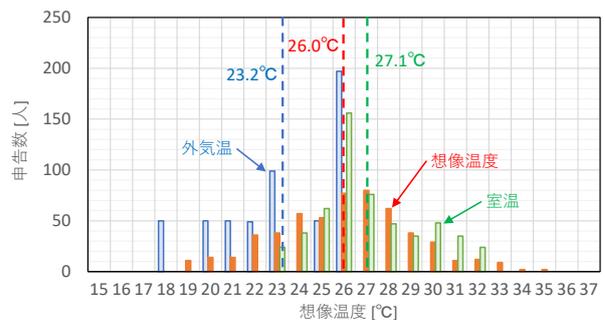


図4 札幌（夏）の外気温・室温・想像温度と平均値（小学生、室温の確認・記録あり：2014）

を確認なし（図3）では、平均想像温度（24.4°C）と平均外気温（24.0°C）の差が小さく、平均室温（26.4°C）との差が大きい。一方、室温表示の確認・記録あり（図4）では、平均想像温度（26.0°C）と平均室温（27.1°C）の差が小さく、平均外気温（23.2°C）との差が大きい。室温の確認・記録をしない時の想像温度が外気温に近い理由は、外気温の温度情報が天気予報などを通じて児童に入力されていた影響と予想される。一方、温度計の確認をした時の想像温度が室温に近い理由は、毎日の温度計の値を確認・記録することで自身の想像温

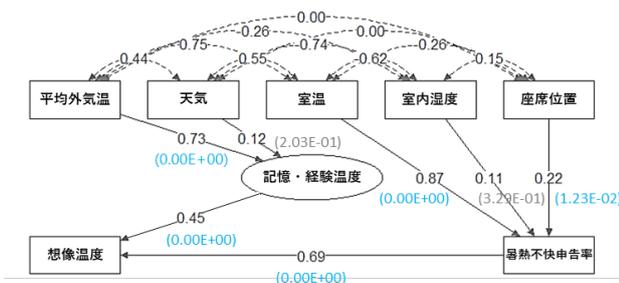


図5 共分散構造分析によるパス図(札幌・夏)

度と実際の室温との差が小さくなったと予想される。

図5は、図2のルート②・③をモデル化した後、札幌(夏)の小学生の調査結果(図3の室温確認なし)を共分散構造分析によって評価したパス図である。ルート②:「暑熱不快申告率」から想像温度への係数の標準化推定値が0.69, ルート③:「記憶・経験温度」から想像温度への係数の標準化推定値が0.45である。「記憶・経験温度」は構成概念(現象を理解するための概念)で、実際に計測できないが、この結果より、想像温度は「記憶・経験温度」を参照して「暑熱不快感」, 「寒冷不快感」の程度によって変化し、出力されると考えられる。換言すれば、「記憶・経験温度」は毎日の新聞・テレビ・インターネットなどのメディアから提供される気象情報や天気, その日の気温に関する会話情報, 過去の想像温度などが集積した情報と考えられる。

以上を踏まえて再び図3と4を考察すると、図3は、図2のルート③: 緑ライン(実線)で示した、毎日の天気(晴・曇・雨)と平均外気温の気象情報が集積されて大脳皮質で形成される「記憶・経験温度」を経て、想像温度が出力された結果と言える。一方、図4の結果は(サンプル数が少なかったので共分散構造分析を行なうことができなかったが), ルート③: 緑ライン(点線)で示される室内気候の室温情報が、毎日、大脳皮質に繰り返し入って「記憶・経験温度」に影響したと予想される。

3. 温度想像力と住みこなし

「住みこなし」に至るプロセスの評価尺度として想像温度を採用し、札幌・福山・熊本の大学生を対象に、温度想像力が養成されるかを実験によって検証した。実験は、2019夏・秋・冬・2020春・夏の5期間(各1週間)で、同じ大学生に小型の空気温湿度計を終日携帯してもらい、1日3回を目安に、任意の場所・時刻で想像温度・寒暑感・快適感などを申告してもらった。その際、温度計の気温を記録・確認してもらった。

図6と7は、2020春・夏の3地域の想像温度と寒暑感の関係である。3地域とも想像温度の高低と寒暑感には相関がある。また、札幌の想像温度帯が他の2地域より低い。これは想像温度(とその出力前の記憶・経験温度)がその地域の外気温の影響を受けていることの表れで、図5の小学生で示した結果と同じことが

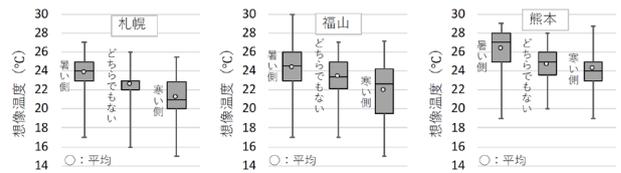


図6 寒暑感別の想像温度(2020春)

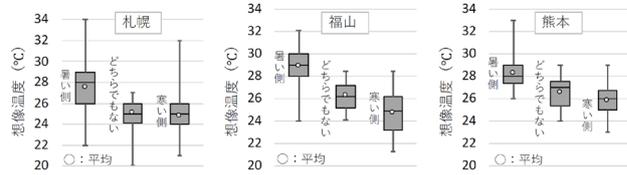


図7 寒暑感別の想像温度(2020夏)

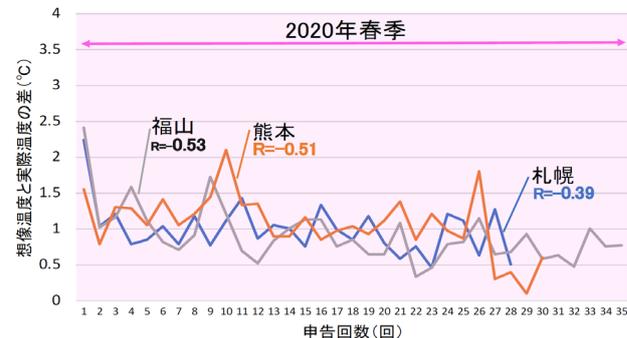


図8 申告回数に対する想像温度と実際温度差(2020春)

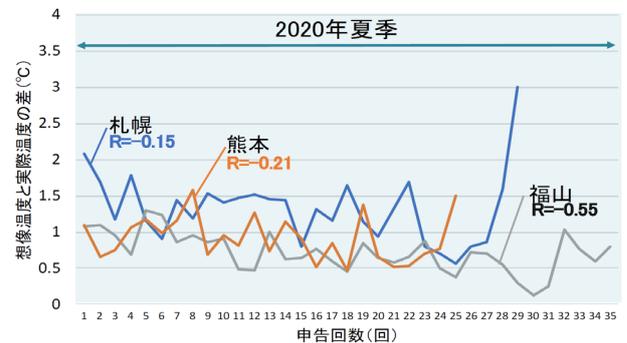


図9 申告回数に対する想像温度と実際温度差(2020夏)

大学生にも当てはまると言える。

図8と9は、2020春・夏の3地域の申告回数に対する想像温度と実際温度の差の平均である。2020春・夏とも申告回数が増えるごとに想像温度と実際温度の差が小さくなる(図中のR: 申告回数に対する想像温度と実際温度の差を1次直線近似した相関係数)。仮に両者の差が小さいことは「温度想像力」が高いと判断すると、福山は前半・後半ともに0.6℃前後と両者の差が小さい(温度想像力が高い)。また、3地域の被験者全員が、2020夏では2019夏より想像温度と実際温度との差の平均と標準偏差が両方小さくなっていった。これは、2019夏の初回から、これまで計5回の実験を通して、自分の過ごす空間の気温がどの程度かを把握できるようになっている、つまり、温度想像力が経年で養成されたと考えられる。

図10～12は、2020夏の3地域の「自信度（想像温度と実際温度の差がないとする自信）」を実験期間の前半・後半で示したものである。札幌は「自信がついた」が後半に2倍以上になり、福山・熊本も増えた。また3地域とも実際温度と想像温度の相関は前半より後半が概ね高く、福山（後半）は0.96と最も高い。自信度が高い者ほど両者の一致率が高くなる傾向がある。

図13は温度に対する意識変化（前回比較）、図14は環境調整行動の状態・変化である（前回比較）。温度への意識は、札幌は2020春から2020夏にかけて「今でも意識はしていない」がゼロになっている。福山はもともと高い状態（十分に意識）を維持していると考えられる。熊本は「意識していたがさらに意識するようになった」が増えている。環境調整行動は「（もともと）行動している」が3地域とも半数程度を占め、札幌は「頻繁にするようになった」が1割増えている。

4. まとめ

- 1) 想像温度は「記憶・経験温度」から出力される言語情報で、記憶・経験温度はその地域の外気温（気象情報）を基盤にしている。
- 2) 想像温度と実際温度の照合機会が増えると、両者の差は小さくなり、「温度想像力」が養成される。これは「記憶・経験温度」に実際温度の情報が加わったことによる。
- 3) 想像温度と実際温度の差が小さい「自信がついた」者は「自信がない」者より想像温度と実際温度の相関が高い。「住みこなし」の基盤になる「温度に対する意識」や「環境調整行動の出現」に寄与する可能性が示唆された。

謝辞 中谷航平さん（清水建設（株）、当時：札幌市立大学・大学院生）と廣林大河さん（札幌市立大学・大学院生）の協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 齊藤雅也：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 第74巻 第646号, pp.1299-1306, 2009.12.
- 2) 廣谷純子・山田信博・町田佳世子・齊藤雅也：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, 第84巻 第756号, pp.171-178, 2019.2.
- 3) 佐々木優二・齊藤雅也：ヒトの想像温度尺度による熱的快・不快感の評価に関する研究 冬季の放射・対流暖房でのヒトの想像温度の考察、日本建築学会環境系論文集 第86巻 第783号, pp.517-525, 2021.5.
- 4) 齊藤雅也・辻原万規彦：ヒトの想像温度の形成プロセスに関する考察、日本建築学会大会学術講演会, pp.269-272, 2018.9.
- 5) 中村きらら・中谷航平・廣林大河・伊澤康一・辻原万規彦・齊藤雅也：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、日本建築学会大会学術講演会（選抜梗概）, pp.1093-1096, 2021.9.
- 6) Takai Yahiro, Naoya Kataoka, Yoshiko Nakamura, Kazuhiro

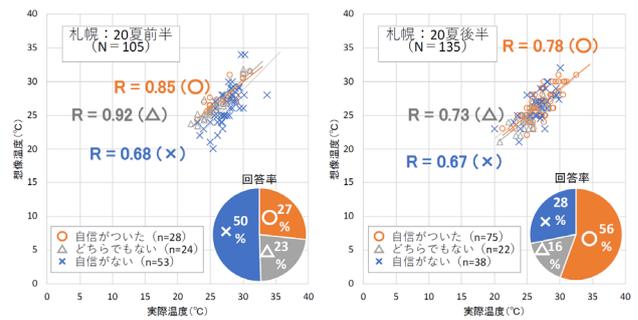


図10 想像温度に対する自信度（2020夏・札幌）

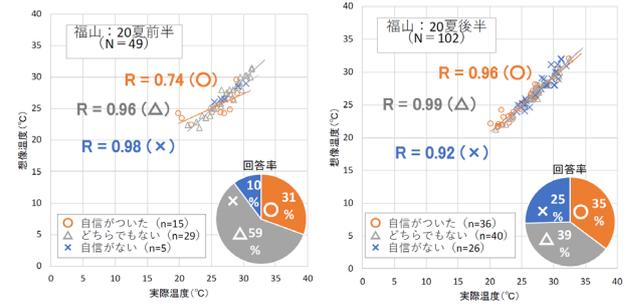


図11 想像温度に対する自信度（2020夏・福山）

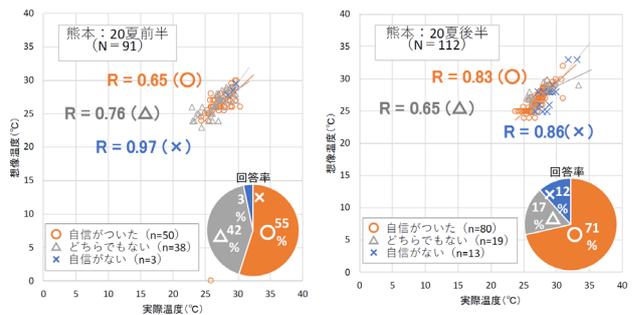


図12 想像温度に対する自信度（2020夏・熊本）

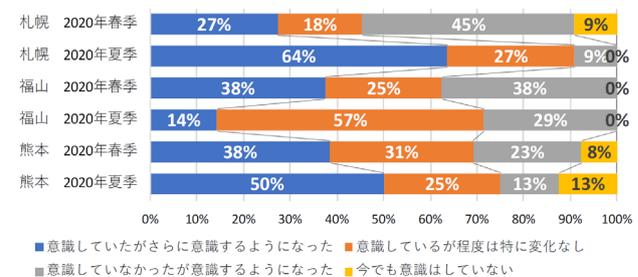


図13 温度に対する意識の変化（前回比較）

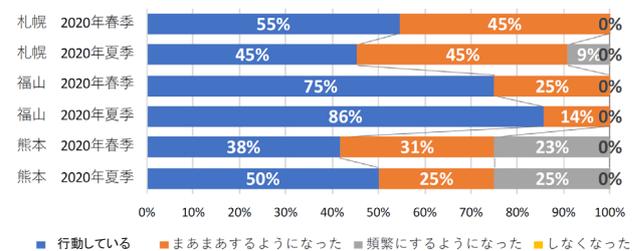


図14 環境調整行動の変化（前回比較）

Nakamura: The lateral parabrachial nucleus, but not the thalamus, mediates thermosensory pathways for behavioural thermoregulation, Scientific Reports (DOI: 10.1038/s41598-017-05327-8), 2017.7.