

新任教員紹介

建築学科・講師 中野淳太

略歴

- 1974.9 英国生まれ
- 1997.3 早稲田大学理工学部建築学科卒業
- 1999.3 早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻 修士課程修了
- 2002.3 早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻 博士後期課程単位取得退学
- 2002.4 早稲田大学理工学部建築学科 助手
- 2005.4 現職

担当科目

建築環境工学・同演習、建築設備製図（共担）、空調設備設計演習（共担）、
建築入門ゼミナール（共担）



研究活動内容

環境適応 (Adaptation) を考慮した熱的快適性に関する研究

クーラーの効いた部屋は、涼しい。当たり前である。ちょっと暑いので、1、2℃設定温度を下げるために席を立つ。温度が変わらない・・・その環境を極めて不快に感じることだろう。では、最初からクーラーがない場合はどうか。ちょっと暑ければ、自然に上着を脱ぎ、袖をまくって窓から風を入れることで、それなりに満足できるだろう。別に不思議なことのように思えないかもしれないが、実はここに空調による膨大なエネルギー消費を大幅に削減する可能性が秘められている。両者の違いはいったい何なのか。これを解く鍵が、環境適応 (adaptation) にある。

人は絶えず体内で熱を作り出している。うまく環境に発散できずに体内に熱がこもると暑く感じ、逆に逃げすぎると寒く感じる。つまり、適度に熱を環境に逃がしている状態が暑くも寒くもない状態とみなすことができる。そこで、人体を発熱体に見立てて周囲の環境との熱平衡式をたて、熱授受のバランスから物理的に快適性を予測しようというのが熱的快適性指標のPMV (平均温冷感申告) や SET* (標準新有効温度) の考え方である。適度な熱授受の条件を明らかにするために、被験者を環境制御された人工気候室に数時間滞在させ、熱的に安定した状態で温冷感の申告を得るといった手法が用いられた。数千人規模の被験者実験結果に基づき、環境の「空気温度」、「放射温度」、「湿度」、「気流速度 (風速)」、そして人間の「着衣量」、「活動量」という温熱環境6要素を入力することで熱的快適性を予測できる指標が1970～80年代に提案された。PMVおよびSET*は熱的快適性に関する国際基準ISO 7730や米国暖房冷凍空調学会基準ASHRAE Standard 55に採用されており、現在でも温熱環境評価・予測・設計に広く用いられている。

しかし、我々は日頃、人工気候室で生活していない。人工気候室と日常環境には何か決定的な違いがあるのではないか。そんな疑問を発端とし、空調制御が行われていて数時間の滞在が日常的であるオフィスでの実測結果と熱的快適性指標の予測値

とを比較する研究グループが出てきた。彼らは世界中の研究者に呼びかけ、2万件を超えるオフィス実測結果のデータベースを編纂した。その統計解析から、全館空調されているオフィスでは指標による快適温度予測値と実測値が一致したが、自然換気されているオフィスの執務者は指標予測値よりも広い範囲で熱的に快適な状態にあったという結果を1998年に発表し、この熱的快適性モデルを、Adaptive Modelと呼んだ¹⁾。

環境適応 (adaptation) とは、熱的に不快な環境変化がおこったときに、自発的に快適な状態に戻そうとするプロセス全般を指す。すなわち、人間は動的な存在であり、不快であれば人体と環境との熱のやりとりを積極的に調節しようとする存在であるというのがAdaptive Modelの考え方である。人間を静的な発熱体として捉える従来の熱モデルとはこの点で対照的である。環境適応は「生理的適応」、「行動的適応」、「心理的適応」の3つに分けられる²⁾。「生理的適応」は長期的に暑い、または寒い環境で生活することで体が順化していく現象を指し、我々が日頃経験するような環境では影響が小さいとされている。空調設定温度 (空気温度) の調整、窓の開閉 (空気温度と気流速度の調整)、着衣の調節、活動量の変化といった行動を伴う環境適応はすべて「行動的適応」に分類され、日常生活の中で最も頻度が高い。いずれも温熱環境6要素に置き換えることができるため、熱的快適性指標を用いてその熱的效果を評価できる。「心理的適応」は、環境に対する過度の期待を修正し、与えられた状況を心理的に受け入れられるようになる過程を指す。環境適応の中で最も影響力があると言われている反面、その効果の定量的評価は困難であるため未解明の部分も多い。

先の研究結果に当てはめてみる。全館空調されているオフィスでは、環境が快適な範囲に制御されるのを執務者が当たり前と感じている。わずかな着衣調節などの行動的適応分を修正すると、指標による快適温度予測値と実測値はほぼ一致する結果となった。一方で、自らを環境に合わせる事が前提となっている自然換気オフィスの執務者は、季節やその日の天気から経験的に部屋の状況を予測し、心の準備やこまめな行動的適応の

準備ができています。この心理的適応の違いが、行動的適応のみでは説明しきれない快適範囲の広さにつながったと考えられる。

環境適応にも限界はある。仕事柄、ジャケットを脱げない、ネクタイをはずせないといった社会的制限もあろう。騒音や排気ガスのため窓を開けられない、窓を開けても風が通らないといった立地的な制限もある。窓が機構的に開閉できない、個人で使用できるファンがないといった設備の制限もある。当然、こういった環境適応を阻害する要因が多ければ、快適範囲は狭まる³⁾。また、「心頭滅却すれば火もまた涼し」を押しつけるのもお門違いである。環境に対する「期待」を形作る、場のコンテキスト、シチュエーション、日頃の経験。これらの要素を考慮した上で行動的適応の自由度を高めることにより、徒に空調に依存することのない環境設計の可能性が示唆されている。

日常環境での行動的適応、そして心理的適応の実態を把握する方法は、フィールドでの実測調査以外にない。一般の居室とは異なった環境が求められ、環境適応を効果的に設計に反映しうる建築環境として、半屋外環境に着目した。多種多様な人が自由に滞在できる半屋外環境として、空調されたアトリウム2箇所（新宿パークタワー・大森ベルポート）、そして空調されていないオープンな建築環境2箇所（東京オペラシティ・高島屋タイムズスクウェア前ウッドデッキ）を調査対象とした。実際に滞在している人に熱的快適性・着衣量に関するアンケートを依頼し、同時に移動計測カートを用いて滞在者近傍の詳細な温熱環境を測定した。また、無作為に選んだ滞在者の滞在時間、10分ごとの滞在人数の記録から環境条件と滞在状況の関係について調査した。2001年夏季から2002年春季まで四季を通じて計64日間の実測調査を行い、延べ2248人のアンケート回答と対応する温熱環境のデータが得られた。結果の一部をここに紹介する。

滞在者の着衣量は、空調の有無にかかわらず滞在環境よりも日平均外気温との相関が見られた（図1）。滞在環境に応じた着衣調節はそれほどこまめに行われていないといえる。また、空調されていない調査地では、一日の延べ滞在人数と平均滞在時間がその日の平均気温と比例関係にあることがわかった（図2）。滞在環境の選択も行動的適応の一つであり、外気温が下がるにつれ、滞在者も減少していく関係が定量的に確認できた。そして、ASHRAE55基準に倣い不満足者率20%未満を快適基準としたときに、空調されたアトリウムでは熱的快適性指標予測値の約2倍（SET* 19.2~28.9℃）、オープンな半屋外環境では約3.5倍広い範囲（SET* 15.8~33.7℃）で環境を快適と感じていることがわかった（図3）^{4) 5)}。

それほど意外な結果には思えないかもしれない。しかし、人々が無意識に当たり前と思っていることに条件付けをし、定量的な関係性を見だしていくことが環境適応研究の意義である。現在は駅空間にフィールドを変え、ホームやコンコースを対象と、滞在者そして通過者にとってそれぞれ最適な環境を調査している⁶⁾。人々の「当たり前」が整理されたとき、新しい環境設計への道が開けるだろう。

【参考文献】

- 1) de Dear, R.J., Brager, G.S. 1998, ASHRAE Trans. Vol.104(1A) pp.145-167
- 2) Brager, G.S., de Dear, R.J. 1998, Energy and Buildings, Vol.27, Issue 1, pp. 83-96
- 3) Humphreys, M.A., Nicol, J.F. 1998, ASHRAE Transactions.

Vol.104(1A), pp.991-1004

- 4) Nakano, J., Tanabe, S. 2004, ASHRAE Transactions. Vol.110(2)
- 5) 中野淳太、田辺新一、2004、第34回熱シンポジウム、pp.81-86
- 6) 中野淳太、田辺新一、2005、日本建築学会学術講演梗概集D-2, pp.539-548

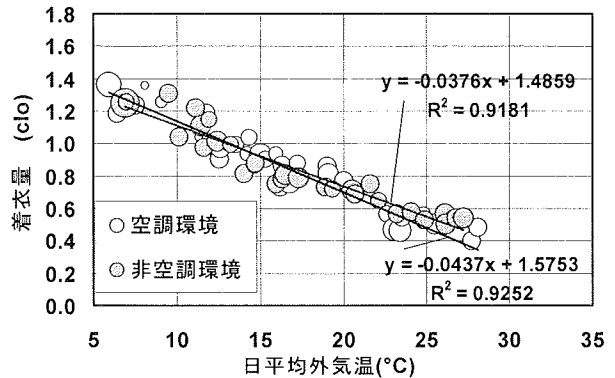


図1. 日平均外気温に対する着衣量

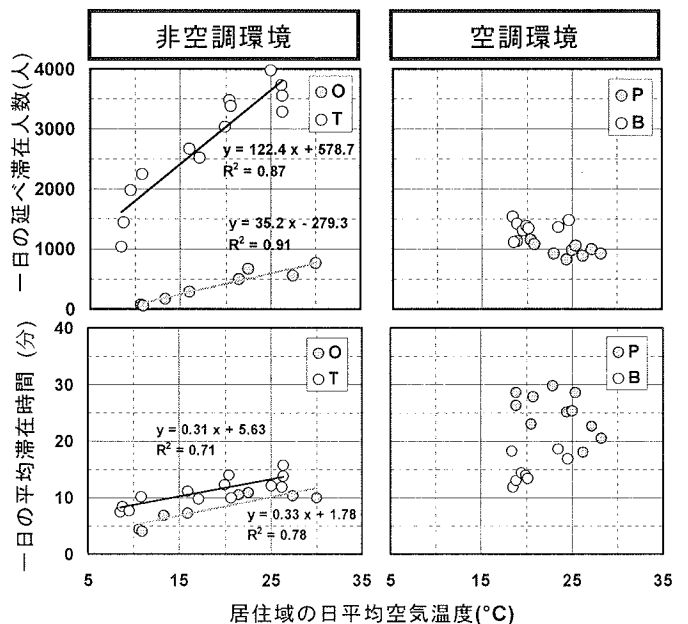


図2. 居住域の日平均空気温度に対する滞在人数（上段）及び滞在時間（下段）

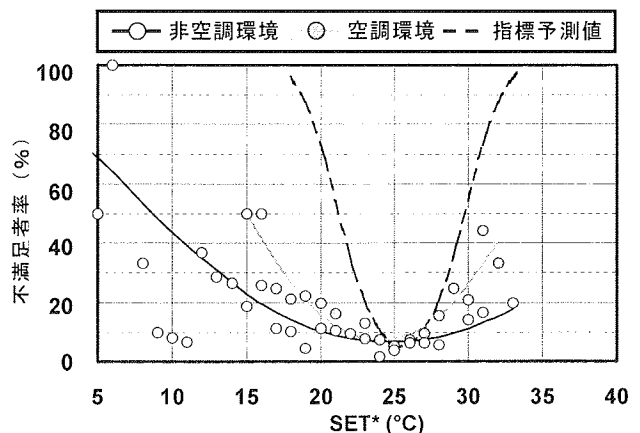


図3. 体感指標 SET*に基づく不満足者率