

蒸暑地域に居住する人々が選択する空調時の室温に関する実態調査

正会員 ○岡大輔*1 同 銚井修一*2 同 宇野朋子*3

4.環境工学—10b 温熱感覚・反応

実態調査, 温熱環境, 高温多湿気候, 温冷感, 快適性

1 研究の背景と目的

通常の空調設計においては、快適な温湿度の範囲は 25 - 27℃、相対湿度 40 - 60%とされており、これは人種・国などによって大きくは変わらないことが示されている¹⁾。しかし、インドネシアなどの蒸暑地域の会議場やホテルなどでは室温が非常に低く設定されており、上記の研究結果と矛盾しているように考えられる。また、マレーシアやシンガポールの研究者により、現地の人々はより高い温度を好むという結果が得られている。このような見解の不一致の理由として、実験室実験と実住宅条件下での測定の違い、空調が普及していたか否か、などが影響しているように思われる。いずれにしても現状に関する調査が不足している。

そこで本研究では、これらの地域の人々が現在どのような温湿度条件下で生活し、どのような温湿度を快適と感じているのか、その実態を温熱環境計測やアンケート調査により明らかにすることを目的とする。またその結果に基づき、従来の温冷感研究結果との違いの原因を探ることを目指す。

2 住まい方とエアコン使用に関するアンケート

2.1 調査概要

(1) 調査対象地域

東南アジアの熱帯気候（高温多湿気候）に属するインドネシア・スラバヤ（南緯 7° 東経 112°）とマレーシア・クアラルンプール（北緯 3° 東経 102°）を対象地域とした。スラバヤは、ジャワ島の東に位置するインドネシア第2の商業都市である。月平均気温はスラバヤが 26.1~29℃、クアラルンプールが 26.2~27.7℃、月平均相対湿度はスラバヤが 69~84%、クアラルンプールが 74~82%である。両都市とも年間を通して東京の真夏の気候（2008 年の 8 月平均で 26.7℃、73%）に対応している。

(2) 調査対象者と調査時期

スラバヤはスラバヤ工科大学の建築学科の学生、クアラルンプールは国際イスラム大学の建築学科の学生の家庭を対象として、2009 年 9 月と 2010 年 8~9 月の 2 度に亘り、家庭

状況やエアコン使用に関するアンケート調査を行った。有効回答数は第1次アンケート：スラバヤ 56 軒、クアラルンプール 108 軒、第2次アンケート：スラバヤ 37 軒、クアラルンプール 50 軒。アンケート用紙は各校のクラスにて配られ、生徒が自宅で記入し、後日回収された。

(3) 調査内容

アンケートの質問内容を以下に示す。

・第1次アンケート

①家族構成、②家のタイプ、③家の階数、④家の構造、⑤生活家電の所有台数、⑥平面図、⑦周辺地域の地図、⑧各寝室の使用人数、⑨通風のための窓の開閉時間、⑩毎月の電気代、⑪就寝時の着衣・ブランケット、⑫家計の総所得（月収）、⑬エアコンのメーカー・導入年・価格、⑭エアコンの所有状況と使用時間、⑮各室の設定温度・温冷感、⑯健康問題

・第2次アンケート

①エアコンの必要性、②エアコンに対する意識、③エアコン使用における節約意識、④寝室でのエアコン環境（寝室使用者、設定温度、温冷感、快適感、より好ましい温度）、⑤寝室でエアコンを使用していて寒いと感じたときの対応、⑥電気代についての両親の意識

2.2 調査結果

ここでは、第1次、第2次アンケートの分析結果のうち、特に重要と思われるものを示す。

・温熱環境評価尺度の相互関係

第2次アンケートから、温冷感では cold や cool の回答が多いにもかかわらず、快適感では very comfortable という回答がどちらの都市でも最も多かったことから、温冷感・快適感・より好ましい温度について、尺度間の相互関係の分析を行った。

a) 温冷感と快適感の関係

各温冷感を答えた人の中での快適感の内訳を図1に示す。グラフ中の数値は実際に得られた票数を示す。

Field Survey on Set Point Temperature of Air Conditioner in Hot-humid Climate

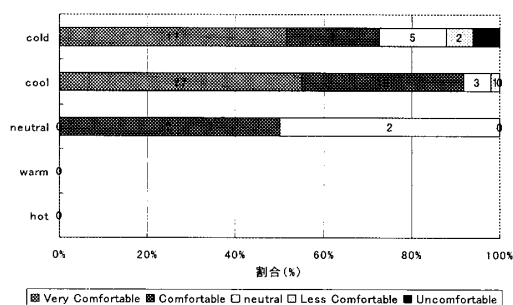
OKA Daisuke, HOKOI Shuichi and UNO Tomoko

どちらの都市でも、cold もしくは cool と答えながらも very comfortable 又は comfortable と答えた人が多く、その全体に対する割合はスラバヤで80%、クアラルンプールで69%となった。これより、「寒くて快適」という感覚で過ごしている人が多数を占めていることがわかった。温冷感別で見ると、cold と答えた人の内、スラバヤでは73%、クアラルンプールでは90%という非常に高い割合で very comfortable もしくは comfortable と答えた。また、cold と答えた人の中で less comfortable もしくは uncomfortable と答えた人の割合は、スラバヤ12%、クアラルンプール7%で、どちらも低い割合であった。以上から、cold という温冷感に不快というネガティブなイメージを持っていないということがわかった。温冷感を cool と答えた人は、どちらの都市でも very comfortable と comfortable の割合を足すと92%と非常に高い割合となり、他の温冷感と比べて最もこの値が高くなった。温冷感を neutral と答えた人は、どちらの都市でも cold や cool に比べ very comfortable もしくは comfortable と答えた人の割合が大きく下がっている（スラバヤ50%、クアラルンプール58%）。

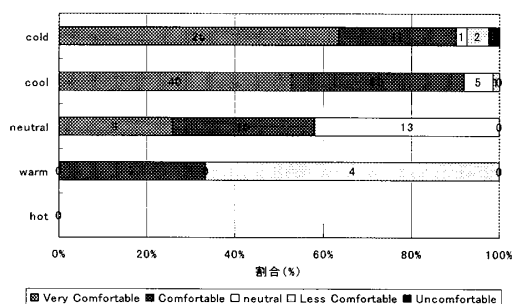
以上より、中立よりも寒いと感じられる環境の方が快適と感じられる傾向があることがわかった。

b) 温冷感とより好ましい温度の関係

各温冷感を答えた人の中でのより好ましい温度の内訳を図2に示す。



(I) スラバヤの結果



(II) クアラルンプールの結果

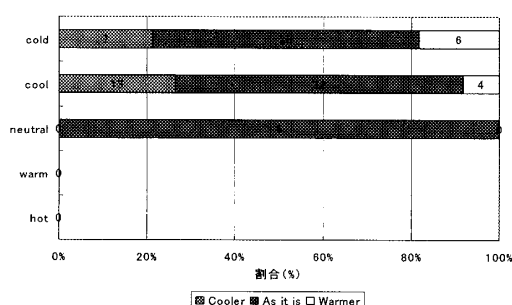
図1 温冷感別快適感の内訳

ここで注目したいのは、cold もしくは cool と感じている人の中で、スラバヤでは約25%が、クアラルンプールでは約半数が cooler と答えており、いずれのグループでも warmer よりも割合が高くなっているということである。ここで cold と cooler を同時に選んでいる人は、「寒い」という感覚を「不快」という意味では捉えていないということである。全体的な傾向としては、温冷感によらず現在の環境よりも涼しい環境を望んでいる人が多くなっているということがわかった。

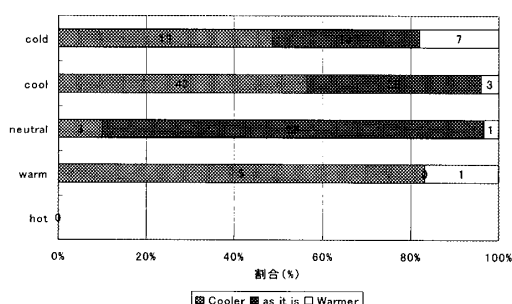
c) 快適感別のより好ましい温度の内訳 (温冷感 cold)

快適感 very comfortable を選択している人に着目すると、より好ましい温度の内訳で最も割合が高いのは、スラバヤでは as it is (59%)、クアラルンプールでは cooler (72%) となっている。特にクアラルンプールでは、寒いと感じとても快適だと思っている人ほど更に涼しい環境を望む傾向にある、という結果になっている。またどちらの都市でも、very comfortable もしくは comfortable と答えた人の中には cooler と答えている人がおり、その割合が very comfortable > comfortable となっていることは興味深い。逆に、各快適感の中での warmer と答えた人の割合は、母数が少ないが、very comfortable から uncomfortable へ快適感が低くなる方へ向かうほど高くなっている。

以上より、cold という温冷感に対する捉え方には2パターンあり、寒いと感じる環境を喜んで受け入れ更に涼しい環境を求める人と、寒いと感じる環境を嫌い、より暖かい環境を



(I) スラバヤの結果



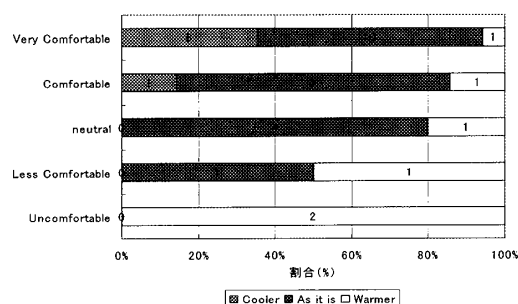
(II) クアラルンプールの結果

図2 温冷感別より好ましい温度の内訳

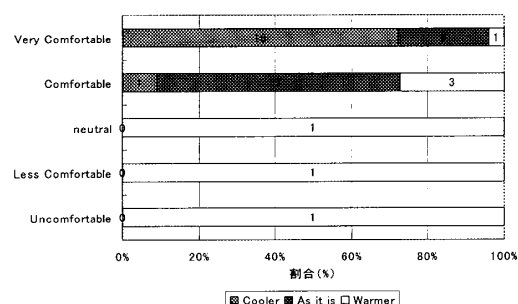
望む人（一般的な解釈はこちらだと思われる）がいるということが示された。

d) より好ましい温度別の快適感の内訳（温冷感 cold）

温冷感 cold で cooler を選んでいる人は、どちらの都市でも快適感で全員が very comfortable もしくは comfortable と答えており、またその内訳は very comfortable の方が comfortable よりも割合が高いことから、非常に満足度が高いグループであることがわかる。ここで特に興味深いのは、どちらの都市でも、この“より好ましい温度”の選択肢の中で現状への満足度が高い（現状をベストだと思っている）ことを意味する as it is よりも、cooler と望んでいる人の方が快適感 very comfortable の割合が高いということである。また、warmer と答えている人に関しては、寒すぎるので暖かい環境を求めている、という人たちなので不快（less comfortable もしくは uncomfortable）と答えるのではないかと予想していたが、意外にもスラバヤで 33%、クアラルンプールで 57% もの人が very comfortable もしくは comfortable と答えている。この回答者に関しては、warmer と望んではいるが cold と感じる環境に対して不満を持っていないということである。しかし、warmer と答え快適感で less comfortable もしくは uncomfortable と答えている人もスラバヤで 50%、クアラルンプールで 29% いるので、ここでも温冷感 cold に対して 2 パターンの捉え方があることが示された。



(I) スラバヤの結果



(II) クアラルンプールの結果

図3 快適感別より好ましい温度の内訳（温冷感 cold）

3 住宅の温熱環境測定結果

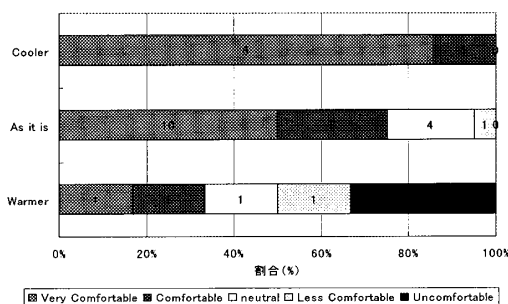
3.1 調査概要

ここでは、2010年4・5月と11・12月にスラバヤの住宅計13軒で行った温湿度測定の結果の一例を示す。今回の測定の多くは、第1次アンケートで住宅のタイプを尋ねた際に最も割合の高かったテラスハウスタイプの住宅で行われた。各住居、外気、リビングおよび寝室について、2～5日間の有効なデータが得られた。温湿度の測定には、ロガー付き小型温湿度計を用い、棚上などの生活に支障をきたさない場所に設置してもらった。

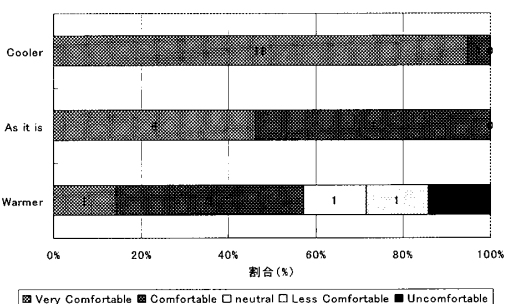
3.2 調査結果

図5に測定結果を示す住居では、2つの寝室にのみエアコンが設置されていた。リビングルーム（エアコン無）については、変動が少なく、室温は約29～32℃の高い温度で推移している。寝室1・寝室2については夜間エアコンが用いられる傾向があり、エアコン使用時は、室温は寝室1が約26℃、寝室2が約27℃まで下がっている。しかしこの部屋では朝方エアコンを切るときまで室温が下がり続けており、より低い室温が求められているが、気密性・断熱性の不足などの理由から室温が十分に下がりきれていないと考えられる。

今回測定を行った13軒の、各住居における測定期間中の最低温度は、1軒を除き夜間就寝時（21：00～6：00）の時間帯の値となり、その平均は23.9℃で睡眠時の温度としてはかなり低い値となっていた。また、夜間エアコンを使用してい



(I) スラバヤの結果



(II) クアラルンプールの結果

図4 より好ましい温度別快適感の内訳（温冷感 cold）

る時間中はどの住居でも朝方まで室温が下がり続けたので、実際に居住者が望む室温はさらに低いと推定される。

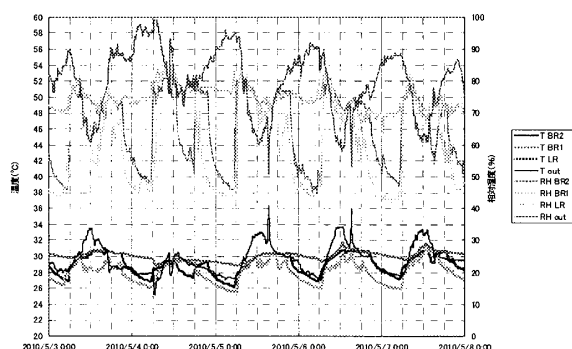


図5 住宅の温湿度測定の結果の一例

4 従来の温冷感研究と本研究との相違点

環境評価実験における快適性の定義については、「積極的快適」と「消極的快適」という2つの考え方が存在することが指摘されており、これまでのほとんどの環境評価研究はこれを明確に使い分けていないという問題がある²⁾。長野ら²⁾によれば、「積極的快適」とは「英語の pleasantness に相当し積極的な活力のある快適さ」(成長欲求)を示すのに対し、「消極的快適」は「英語の comfort に相当し、生理的に安易な(楽な)状態」(欠乏欲求)を示すとしている。de Dear らのシンガポール人を対象とした実験^{3) 4)}において、温冷感申告から中立温度を算出する(「消極的快適」による)実験では中立温度が 28.5℃となったにもかかわらず、より好ましい温度に被験者自身で室温を調節させる形式の(「積極的快適」による)実験では快適な温度は 25.6℃となり、先の実験と約 3℃もの差がついたのは、この「積極的快適」の考えに基づき「寒いが快適」と感じる温度が選択

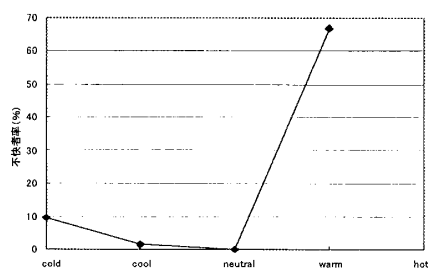


図6 各温冷感における不快者率

されたためと考えられる。「寒い環境を好む」という現象は、次の図6からも確認することができる。図6はスラバヤ86名、クアラルンプール154名の計240名の各温冷感別の不快者率を示している。ここでは不快者率を、各温冷感の回答者の中で快適感を less comfortable もしくは uncomfortable と答えた人の割合としている。温冷感 cold~neutral においては不快者率は10%以下と非常に低いが、温冷感 warm では不快者率が67%にも上っており、温冷感の寒い側と暑い側の選択肢で不快者率が明らかに非対称になっており、これは「寒い環境を好む」という嗜好を示している。国際基準 ISO7730 では快適環境として PMV と PPD の関係で $-0.5 < PMV < +0.5$ 、 $PPD < 10\%$ となるような温熱環境を推奨しているが、本研究の結果から、当該地域ではこれを適用するには問題があると考えられる。

5 結論

本研究では、東南アジアの高温多湿気候地域下に居住する人々を対象とし、これらの地域の人々が現在どのような温湿度条件下で生活し、どのような温湿度を快適と感じているのかという実態や、従来の温冷感研究結果との違いの原因を調べた。その結果、当該地域の人々の多くは「積極的快適」の考えに基づいた回答をしていること、温冷感申告から中立温度を求める実験とより好ましい温度に被験者自身で調節させる実験との結果の違いの原因は、実験方法により「消極的快適」と「積極的快適」のどちらで被験者が回答しているかの違いであることを示した。そして PMV と PPD の関係について、本研究の調査結果から当該地域の人々は暑い側と寒い側の温冷感で不満度に明らかな差があることを示し、ISO7730 の推奨している PMV と PPD の温熱環境指標は当該地域で適用するには問題がある可能性を示した。

参考文献

- 1 Fanger PO : Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. Copenhagen, Danish Technical Press, 1970
- 2 長野和雄ら：複合環境の非特異的評価に及ぼす心理的・生理的影響－積極的快適と消極的快適の視点からの考察－、日本建築学会近畿支部研究報告集, pp.69-72, 1997
- 3 R. J. de Dear and K. G. Leow : Indoor climate and thermal comfort in high-rise public housing in an equatorial climate, A field-study in Singapore, 1990
- 4 R. J. de Dear, K.G. Leow, A. Ameen : Thermal comfort in the humid tropics-part1: climate chamber experiments on temperature preference in Singapore, ASHRAE Transactions, 97 (1) (1991) pp. 874-879

*1 鹿島建設株式会社 (当時京都大学大学院生) 工学修士
 *2 京都大学大学院工学研究科 教授・工学博士
 *3 電力中央研究所 特別研究員・工学博士 (元東京文化財研究所)

Kajima Corporation (former graduate student of Kyoto University), M. Eng.
 Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.
 Research fellow, Central Research Institute of Electric Power Industry, Dr. Eng