

## 足の温熱特性と暖房環境評価

著者	朝比奈 亮, 山越 健弘, 小笠原 一隆, 浜田 博之, 松尾 朋浩, 窪田 英樹
雑誌名	学術講演梗概集. D-2, 環境工学II, 熱, 湿気, 温熱感, 自然エネルギー, 気流・換気・排煙, 数値流体, 空気清浄, 暖冷房・空調, 熱源設備, 設備応用 = Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan. D-2, Environmental engineering II, Heat, moisture, thermal comfort, natural energy, air flow, ventilation, smoke exhaustion, computational fluid dynamics, indoor air quality heating, cooling and air-conditioning heat and cold sources, piping systems application of building services
巻	1999
ページ	353-354
発行年	1999-07-30
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/14356">http://hdl.handle.net/2297/14356</a>

足の温熱特性と暖房環境評価

正会員 ○朝比奈亮\*<sup>1</sup> 同 山越 健弘\*<sup>1</sup>  
同 小笠原 一隆\*<sup>2</sup> 同 浜田 博之\*<sup>1</sup>  
同 松尾 朋浩\*<sup>3</sup> 同 窪田 英樹\*<sup>1</sup>

床下暖房 床温 裸足

1 はじめに

住居における暖房時の室温を低減させることは、暖房エネルギー節減に大きく寄与する。居住者が室温を選定する際のいくつかの要因に、着衣量の他に居住者の露出部の影響が大きく関わっていることが推測される。上下の気温差の存在で、床近傍は温度が特に低く、裸足はその影響をまともに受ける。上下の気温差を残したままで、床近傍の温度を足が不快でない温度まで上げるとすると、全体的な室温は高くなる。近年試みられている床下放熱型暖房方式の場合、少なくとも床近傍の温度環境改善がなされ、その結果、設定温度を下げることにつながることが期待される。

本研究は、裸足の温熱特性を分析する。具体的には、現実の床下放熱型暖房方式を模擬した床を用いて、その床下空間の温度を30℃前後に保ち、床温の影響を調べる。

2 暖房時の生活実態調査

現実の温熱環境を評価する上で、重要な要素として、居住者の動態と居室の温度分布が挙げられよう。既存尺度のほとんどが、実験室において全室均一温度下で被験者が椅子に座った状態を基準として評価されている。必ずしも実態を反映するものではない。着衣量に関しても、人体と空間とを直接的に結び付けている露出部に関する研究はあまりない。現在の温熱環境評価指標を実践的な指標とするには、少なくとも人間の姿勢や露出部等の条件を考慮したものであることが必要となる。

図1は、このような観点から筆者の一人(小笠原)が札幌で実施した調査結果の一部である。回答者の実に7割が、自宅では裸足でつらいでいることがわかる。

3 被験者実験の概要

ここでは、2名の男子学生を被験者とした実験1、2を行った。裸足、姿勢はソファー座とした。室内空気温度は、19℃、22℃、25℃、28℃の4条件で行った。相対湿度と気流は、50%、0.1m/sとした。着衣は、各設定室温において全身温感が中立となる着衣量を被験者自身に選定させた。実験1はカーペット張りの床材、実験2は床表面をフローリング材、床下空間の温度を放熱器によって30℃に保持した。実験2に使用した模擬床を図2、実験室の平面構成を図3に示す。

実験では、その環境に馴れるため30分間の養生時間を取り、その後60分にわたりソファー座で実験を行っている。

4 結果と考察

一人体の定温度源と定熱流源一

皮膚温と申告結果の分析には実験開始後60分経過時の値を用いる。まず実験1について、室温と皮膚温の関係を図4に示す。足の温度は室温から9℃程度高い温度で推移していることがわかる。同時に、室温が25℃以上では、それらの皮膚温はほぼ横道いになり、このときの皮膚温は34℃である。

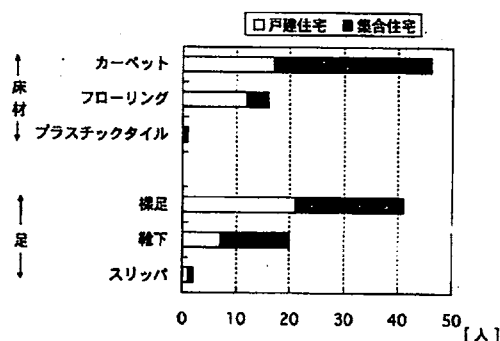


図1 アンケートの集計結果

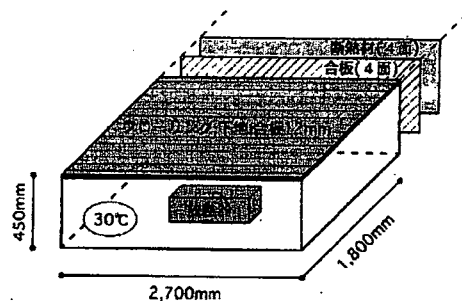


図2 床下暖房方式の模擬床 (実験2)

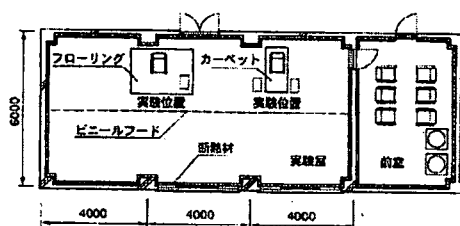


図3 実験室平面図

手に関しては、この線よりやや勾配が緩やかになっている。

ここで、皮膚温を室温との関係で表現すると、次式のようになる。

$$t_{sk} = t_a + \Delta t \quad (1)$$

図4から  $\Delta t \approx 9K$  で、ほぼ一定である。皮膚からの放熱量  $Q$  は次式で与えられる。

$$Q = (h_c + h_r)(t_{sk} - t_a) \quad (2)$$

ここで、 $\Delta t$  が一定であることから、放熱量もほぼ一定 ( $Q \approx 80 \text{ W/m}^2$ ) となる。これらのことから、足に関しては定熱流源、額は定温度源的な部位である、ということが出来る。

室温と温冷感の関係を図5に示す。額と手の温冷感に関しては、今回の実験温域では、室温との相関はみられない。足に関しては、室温が低下すると共に皮膚温が低下しそれに伴って冷たさ感が増す。中でも足の甲が、最も冷たさ感を感じている。それに対して、足の裏の温冷感は、室温に伴って低下はしているものの、中立温感近くに位置しているので実験温域において寒いと感じる原因になり得ない、といえる。このことは、後述する床下暖房方式を考える上で重要と思われる。すなわち、床面に直接接する足の裏は、不快を感じ難く、冷たさに敏感な足の甲が、床とは逆向きで、しかも、床からの放射も受けることができない、ということである。

実験2について、室温と皮膚温の関係を図6に示す。実験1と比較してもほとんど違いが見られない。ここでも足に関しては定熱流源、額は定温度的な特徴を読みとれる。図7に示す室温と温冷感の関係についても足の裏にばらつきが出たものの足の甲と足首はほとんど実験1と同じ様な特性を表している。これは、床を暖めた効果が足の甲と足首には現れなかったことを表している。

## 5 まとめ

裸足の温熱特性は、部位ごとに違いがあり、足の甲、足首は低温域では温冷感が“冷たい”側に出て、それによって快適感が損なわれていることがわかった。足の裏は、温冷感が中立温感近くにあり、床を暖めた影響もほとんど現れなかった。しかし、床面の温度は、足の裏に対してのみ影響を与え、足の甲と足首に対する影響は小さい。つまり、床表面ではなく床近傍の温熱環境の改善が重要であることが確認された。

## 参考文献

- (1) Olsen, B.W. 1977. Thermal comfort requirements for floors occupied by people with bare feet. ASHRAE Transactions 83(2).
- (2) 平山慶太郎、他：床温と気温が人体に及ぼす影響の実験（その2）－冬季、椅座安静、着衣、裸体、青年男子の場合－、日本建築学会大会学術講演梗概集：555-556、1985年10月
- (3) 磯田憲生、他：床暖房温度の人体に及ぼす影響について、日本建築学会大会学術講演梗概集：949-950、1986年8月
- (4) 坊垣和明、他：床暖房の快適条件に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集：909-910、1984年10月
- (5) 崔英植、他：床暖房時の気温と床温が胡座人体に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会計画系論文集：7-14、1966年2月

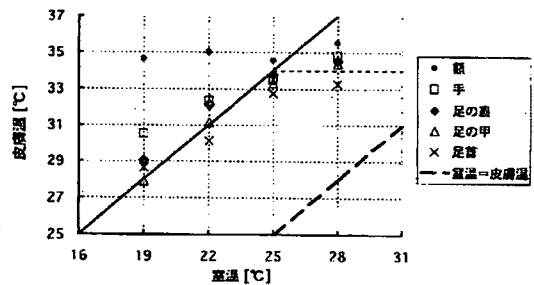


図4 室温と皮膚温の関係（実験1）

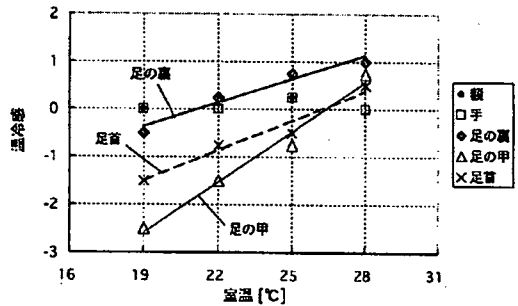


図5 室温と温冷感の関係（実験1）

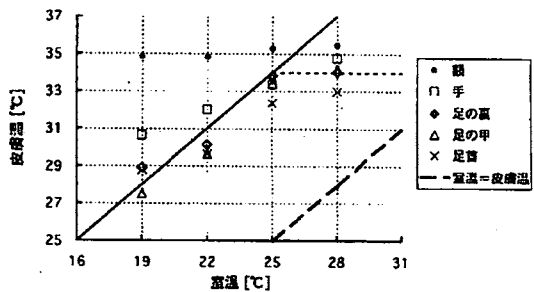


図6 室温と皮膚温の関係（実験2）

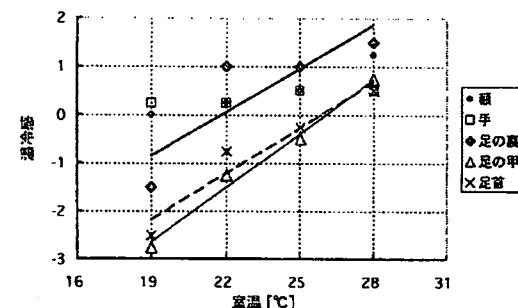


図7 室温と温冷感の関係（実験2）

\*1 室蘭工業大学大学院博士前期課程  
 \*2 北海道電力総合研究所研究員 工修  
 \*3 室蘭工業大学大学院博士後期課程 工修  
 \*4 室蘭工業大学工学部建設システム工学科 教授・工博

Graduate Student, Muroran Inst. of Tech.  
 Hokkaido Electric Power CO., INC, Dept. of Research and Development., M. Eng.  
 Graduate Student, Muroran Inst. of Tech., M. Eng.  
 Prof., Dept. of Civil Eng. & Architecture, Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.