

## 低温室へ移動したときの人体皮膚表面温の降下特性

著者	山越 健弘, 山崎 大史, 松尾 朋浩, 竹内 崇, 真木学, 朝比奈 亮, 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	1998
ページ	413-414
発行年	1998-07-30
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/14358">http://hdl.handle.net/2297/14358</a>

低温室へ移動したときの人体皮膚表面温の降下特性

正会員 ○山越 健弘\*<sup>1</sup> 同 山崎 大史\*<sup>1</sup>  
同 松尾 朋浩\*<sup>2</sup> 同 竹内 崇 \*<sup>1</sup>  
同 真木 学 \*<sup>1</sup> 同 朝比奈 亮\*<sup>1</sup>  
同 窪田 英樹\*<sup>3</sup>

設定室温 低温環境 平均皮膚温降下式

1 はじめに

地球環境と共生する上で、設定室温についても我々が受容し得る状態を知り、その特性を生かした建築環境設計が大切となるものと思われる。

前報<sup>(1)</sup>で中立温度の室から低温度室に移動した居住者を想定した実験を行い、過渡的な平均皮膚温を予測し得る式を導いた。しかし新たな実験を行った結果、着衣の影響の扱いが不適切であることが判明した。改めて皮膚温降下について報告するものである。

同時に、室温と平均皮膚温との関係を経過時間をパラメーターとして表す chart を作製する。

2 平均皮膚温の予測式

平均皮膚温の変化は速やかな変化  $t_{sk1}(\tau)$  と緩やかな変化  $t_{sk2}(\tau)$  の和で表せると仮定し、次式で近似する<sup>(1)</sup>。

$$t_{sk}(\tau) = t_{sk1}(\tau) + t_{sk2}(\tau) + t_{sk}(\infty) \quad (1)$$

$$t_{sk1}(\tau) = \{t_{sk}(0) - t_{sk}(\infty)\} k_1 e^{-\frac{\tau}{\tau_1}} \quad (2)$$

$$t_{sk2}(\tau) = \{t_{sk}(0) - t_{sk}(\infty)\} k_2 e^{-\frac{\tau}{\tau_2}} \quad (3)$$

ここで、

$t_{sk}(\tau)$  : 経過時間における平均皮膚温 [°C]

$t_{sk}(\infty)$  : 定常状態の平均皮膚温 ( $\tau = \infty$ ) [°C]

$t_{sk}(0)$  : 中立状態の平均皮膚温 ( $\tau = 0$ ) [°C]

$k_1, k_2$  : 係数 [-]

$\tau$  : 経過時間 [h]

$\tau_1 (< \tau_2), \tau_2$  : 時定数 [h]

式 (1) において、平均皮膚温の定常値  $t_{sk}(\infty)$  に対しては、平均皮膚温 (PMST) モデル<sup>(2)</sup> を適用して推定する。

$\tau_1, \tau_2, k_1$  並びに  $k_2$  が未知数である。これらの未知数は実験結果を利用して推測する。

3 皮膚温降下実験の概要

前室滞在時間 : 30分

実験室滞在時間 : 3時間

恒温恒湿室 (50%、無風、気温=放射温度)

前室室温 : 熱的中立温度

実験室室温 : 熱的中立温度からそれぞれ -3、-6、-9 °C となる室温

被験者 : 男性被験者 (学生) 4名

着衣 : 0.1, 0.7, 1.1clo

代謝量 : 1Met (椅座安静状態)

平均皮膚温の測定 : 7点法を採用

4 時定数  $\tau_2$ ,  $\tau_1$ 、係数  $k_1, k_2$  の予測

時定数  $\tau_2$  の分析には今年度実験と過去の実験<sup>(3)</sup> を利用する。時定数  $\tau_2$  は、 $\tau \gg \tau_1$  とみなせる領域  $\tau > 0.5$  における次式を適用して推測する。

$$t_{sk}(\tau - 0.5) = t_{sk}(\infty) + \{t_{sk}(0.5) - t_{sk}(\infty)\} e^{-\frac{\tau}{\tau_2}} \quad (4)$$

図-1 に計算で得られた時定数  $\tau_2$  と clo 値との関係を示す。ほとんど相関がないことが判る。従って、前報<sup>(1)</sup> において  $\tau_2$  が clo 値の関数であるとした扱いを見直す必要があることが判明した。

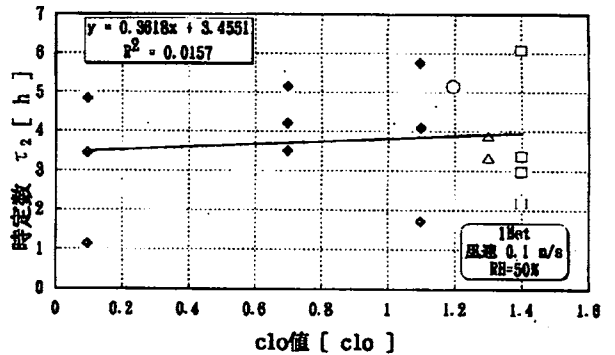


図-1 clo 値と時定数  $\tau_2$  の関係

◆ : 0.1, 0.7, 1.1clo (実験結果)

○ : 1.4clo (1983, 1984年)

□ : 1.3clo (1985年)

△ : 1.2clo (1996年)

図-2 は、実験室の室温と熱的中立温度との差と時定数  $\tau_2$  との関係であり、気温差が増すにしたがって時定数  $\tau_2$  が増加することが判る。これは人体の shell (皮膚層) が、寒くなるにしたがって増加して、熱容量が増した<sup>(4)</sup> と考えれば説明し得る。

Prediction of transient mean skin temperature under step change of room temperature.

YAMAKOSHI Takehiro, MATUO Tomohiro, MAKI Manabu, YAMAZAKI Taishi, TAKFUJI Takashi, ASAHINA Ryo, KUBOTA Hideki

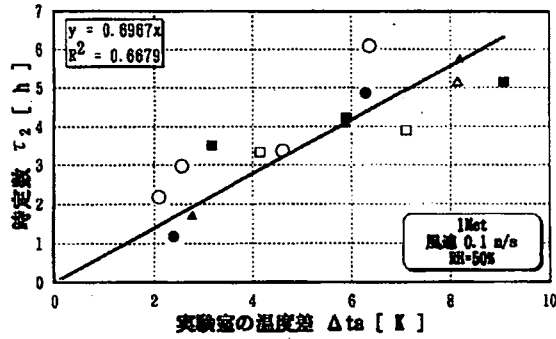


図-2 熱的中性温度からの差と時定数 $\tau_2$ の関係

- : 0.1clo (実験結果)    ○ : 1.4clo (1983, 1984年)
- : 0.7clo (実験結果)    □ : 1.3clo (1985年)
- ▲ : 1.1clo (実験結果)    △ : 1.2clo (1996年)

以上から、時定数 $\tau_2$ は以下の式(5)のように $\Delta t_a$ のみの関数で表す。

$$\tau_2 = 0.70 \Delta t_a \quad (5)$$

$\Delta t_a$ : 中立室温-室温 [K]

時定数 $\tau_1$ については clo 値や温度差に関係なく一定で次の値を得た。

$$\tau_1 = 0.13 \text{ [h]}$$

係数  $k_1, k_2$  についても実験データを分析した結果、clo 値や温度差に関係なく一定であり、次の値を得た。

$$k_1 = 0.18 \quad k_2 = 0.82$$

### 5 平均皮膚温降下式

実験結果から、平均皮膚温降下式は以下のようになる。

$$t_{sk}(\tau) = t_{sk}(\infty) + \{34 - t_{sk}(\infty)\} \left( 0.18e^{-\frac{\tau}{0.13}} + 0.82e^{-\frac{\tau}{\tau_2}} \right) \quad (6)$$

$$\tau_2 = 0.70 \Delta t_a$$

図-3 は、実験結果の一つと平均皮膚温降下式との比較例である。

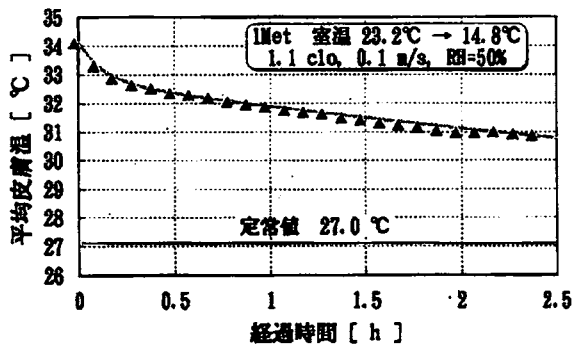


図-3 実験値と皮膚温降下式の比較例

### 6 低温環境評価への適用

図-4 は、中立室温との差 $\Delta t_a$ と平均皮膚温 $t_{sk}$ の関係を経過時間をパラメータとして示している。仮に「やや不快」までを日常生活における許容範囲とすると、平均皮膚温で 31.5°C 以上となる環境が許容される環境となる。例えば $\Delta t_a = -10\text{K}$ の室温では、30分から1時間で許容限界となり、2.5時間以内には震えが生じる可能性がある。 $\Delta t_a = -5\text{K}$ の室温では、2.5時間の滞在で許容限界になる。これを逆に言うと滞在時間が2.5時間程度の部屋であれば、設定温度を中立温度から 5°C 下げることができることを示している。

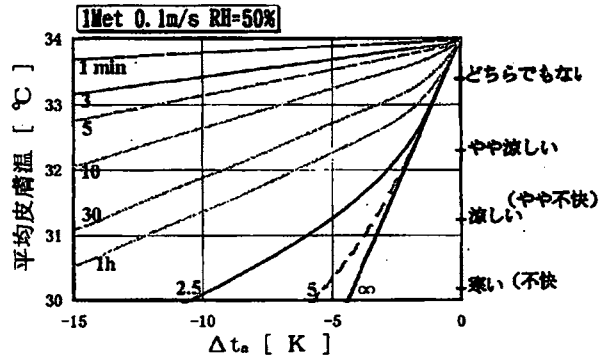


図-4 室温と各滞在時間の平均皮膚温、全身温感

### 7 まとめ

本論文では、熱的中性温度の室から低温度室に移動した居住者の過渡的な平均皮膚温度予測し得る式を導き、その式を適用して、任意の室温に対して着衣量によって滞在可能な時間を予測した。

#### 【参考文献】

- (1) 窪田英樹、堀井崇司 (1997.3) 人体皮膚表面温に着目した冬期室温の過渡的評価 日本建築学会北海道支部研究報告集 No. 70
- (2) 窪田英樹、伊地知健 (1996.3) 人体皮膚表面に着目した温熱評価 空気調和・衛生工学会北海道支部 第30回学術講演論文集
- (3) 窪田英樹、石戸谷裕二(1986.6) 低温環境における過渡的温熱感の評価に関する実験的研究 建築環境工学学術 研究発表会資料第2号
- (4) 川島美勝 (1989) 人間-熱環境系 日刊工業新聞社
- (5) P. O. FANGER (1970) THERMAL COMFORT McGraw-Hill Book Company
- (6) 中山昭雄 (1981) 温熱生理学 理工学社

\*1 室蘭工業大学大学院修士課程  
 \*2 室蘭工業大学大学院博士課程  
 \*3 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.  
 Graduate Student, Muroran Inst. of Tech.  
 Prof., Dept. of Civil Eng. & Architecture,  
 Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.