

# 表面温度と環境温度が異なる材料の接触温熱感の評価方法に関する研究

## EVALUATION METHOD CONTACT THERMAL SENSATION OF MATERIAL WHEN SURFACE TEMPERATURE AND ENVIRONMENTAL TEMPERATURE ARE DIFFERENT

川崎三十四\*<sup>1</sup>

Satoshi KAWASAKI

This paper examined the method of evaluating the contact thermal sensation of material by a physical property. Material used for the experiment were 6 types of which the thermal property differed, and the surface temperature of these materials was changed to 5℃～50℃. When the temperature of the material surface is 10℃ or less, an environmental temperature is assumed to be the same as the temperature of the material surface. An environmental temperature is assumed to be 20℃ when the temperature of the material surface is 20℃ or more. The following were measured contact thermal sensation in touching with material by a hand and temperature change of contacting part of the palm. As a result, contact thermal sensation immediately after contact can be evaluated by the contact part temperature change of palm of one minute after comes in contact. Moreover, if the contact part temperature change of palm at the time of 20℃ in surface temperature is understood, the contact temperature heat feeling can be evaluated even if a material, a temperature of the material surface, and an environmental temperature are different.

**Keywords** : palm, contact thermal sensation, contact time, contact part temperature, contact part temperature change, surface temperature of material, environmental temperature

手のひら, 接触温熱感, 接触時間, 接触部温度, 接触部温度変化, 材料表面温度, 環境温度

### 1. はじめに

建築に関係する建設現場や材料の製造工場, あるいは多様な用途の建築物において, 低温から高温の環境下のもとで低温あるいは高温の材料や物体等の表面に接触する機会, あるいは接触せざるを得ない機会がある。屋外では酷寒地, 温暖地, 酷暑地での低温から高温表面への接触があり, 屋内では-50℃程度の食品冷凍倉庫内や厨房をはじめ+55℃～60℃程度のサウナ風呂壁面などでの低・高温表面に接触する機会がある。

このような背景にあって, 低温から高温表面迄の材料や物体等に接触したときの接触温熱感の評価する方法を論じた研究は見られず経験やカンにたよって曖昧

なままとなっている。

そこで本研究は, 低温から高温表面の材料に接触したときの接触部温度変化と接触温熱感の関係, 接触前の材料と手のひらの温度差と接触部温度変化の関係, 環境温度と手のひらの温度の関係を求め, 環境温度20℃における手のひらの接触部温度変化から様々な環境温度, 表面温度下の接触温熱感を推定する方法を検討した。

ここで温度に対する人間が感じる感覚には温熱感と快・不快感の評価方法があるが快・不快感については論じていない。「大辞典」<sup>1)</sup>によれば「快適」とは, 「具合が良くて心地良いこと」, 「温熱」とは, 「温か

\*本報告は日本建築学会, 日本建築仕上学会, 日本人間工学会で報告したものを再検討してまとめたものである。

\*<sup>1</sup> 建築学科 教授, Prof, Department of Architecture

く感じる熱」と記されている。即ち「具合が良い」とは人と外部環境との相互状態が良いことを表し、「心地良い」とは、その結果生じた人の状態を表しており間接的な評価である。それに対して、「温かく感じる熱」とは直接的な評価を表している。

人間工学の分野においても温熱感と快・不快感は区別されており、両者は同じ温度刺激に対して次のような場合でずれが生じるとされている。<sup>2)</sup> ①急激な温度変化に対する両感覚の変化の時間経過が異なる。②温熱感はほとんど皮膚温により規定されるが、快・不快感は皮膚温と深部体温の両方に依存する。よって深部体温が異なると、同じ温度刺激を快適にも不快にも感じる。③温熱感には深部体温の影響をほとんど受けない。

建築環境学の分野においては、快適感を評価するものの一つとして温熱感が用いられており、快適感は広義に、温熱感とは狭義な意味合いとなっている。

また、手のひらの接触温熱感とは、手のひらの皮膚に分布している「温」、「冷」の受容器が反応し、受容器が受けた刺激を脳に送られて直接感じるため、気温、気流、日照、湿度や空調機器による影響を受けない。これらの理由から「温熱感」の用語が本研究では適切と考えた。

## 2. 既往の研究と本研究の関係

建築に関係する低温から高温表面への接触温熱感に関係する主な既往研究には次のようなものがある。

Hensel は温冷感を構成する刺激として熱を提示し、温度変化速度を物理量として温、冷の刺激閾を求めた。そこでは刺激閾を温覚については $0.001 \sim 2.0^\circ\text{C}/\text{sec}$ 、冷覚については、 $0.005^\circ\text{C}/\text{sec}$ とした。また刺激を与えると受容器で発生するインパルスの頻度は刺激の開始から約 $0.5 \sim 1.5$ 秒で最大を示し、 $2 \sim 3$ 秒後にほとんど減衰すると報告している。<sup>3)</sup>

Buettner は被験者の手のひらにラジエーターの熱を輻射したときの「痛み」を感じるまでの時間を測定し平均痛み限界を $44.8 \pm 0.4^\circ\text{C}$ と報告している。<sup>4)</sup>

栗山らは $19^\circ\text{C}$ 室中で温冷感を試験し、材料の熱伝導率を用いて評価し、材料の熱伝導率が温冷感に良く対応すると述べている。<sup>5)</sup>

松井らは材料に触れたときの手のひらの温度変化速度は材料と手のひらとの温度差が大きいほど速く、材料の温度伝導率が大きいほど速いと報告し、材料の温度伝導率はその材料の温冷感に対応する代表値に相

当し、材料に触れたときの手のひらの温度変化速度は温冷感を分析するのに有効としている。<sup>6)</sup>

岡島らは熱移動量測定器を用いて時間と測定器の温度変化との関係から熱移動量を計算し建築材料の温冷感の指標を提唱した。<sup>7)</sup>

松井らは暖房床の接触温熱感の評価方法を足や臀部、模擬足による10分後の接触部温度変化によって温熱感の評価する方法を提唱した。<sup>8)</sup>

低温との接触に関する研究は見られなかった。

このような既往研究の試みもあるが本研究のように、人の手のひらによって $20^\circ\text{C}$ において測定した結果から各環境温度下、各材料表面温度下の温熱感の評価方法を提唱した研究は見られない。

## 3. 本研究の範囲及び研究方法

本研究は以下の範囲で行っている。

- (1) 固体の材料表面を対象としている。
- (2) 接触する表面温度は「凍傷」、「熱傷」など皮膚に損傷を与えず、痛みも感じない範囲を対象としている。低温側の表面温度は、凍傷を生じるのは $5^\circ\text{C}$ 以下<sup>9)</sup>とされている。本研究ではアルミニウムやステンレスのように熱伝導率の大きい材料は $10^\circ\text{C}$ 以下で600秒の接触ができない被験者がいたことから $0^\circ\text{C}$ までと考えている。但し、本報では $5^\circ\text{C}$ までを検討した。

高温側の表面温度は、 $45 \sim 65^\circ\text{C}$ の範囲で熱との接触時間によって細胞傷害の程度が異なるとされている<sup>9)</sup>。本研究では、アルミニウムのように熱伝導率の大きい材料は $50^\circ\text{C}$ で接触出来ない被験者がいたことから $50^\circ\text{C}$ までと考えた。そして低・高温表面温度ともに10分以内で凍傷、熱傷を受けない範囲の温度としている。

- (3) 試験材料は材料下面に15mmの空気層を設けて、表面温度が $20^\circ\text{C}$ 以下の場合はそれぞれの環境温度と平衡としている。表面温度が $30^\circ\text{C}$ 以上の場合は環境温度 $20^\circ\text{C}$ のもとで表面温度をそれぞれ30, 40,  $50^\circ\text{C}$ に変設定出来るようにしている。
- (4) 接触する身体部位は手のひらとし、素手で低温から高温表面に軽く触れる程度(接触圧力はおよそ1 kgf)としている。
- (5) 長時間接触できるような表面温度については、接触時間を10分間までを限度とし、これ以上の時間の接触は研究の範囲外とした。

尚、本研究で実施した実験において手のひらを凍傷、

熱傷した被験者はいなかった。ここでいう凍傷は皮膚表面が蒼白、無感覚（深度第1度：紅斑性凍傷）にならない範囲とした。熱傷は皮膚が赤くなり、これが1日を経過しても赤色が消えない場合（熱傷1度：表皮熱傷）とした。

#### 4. 実験方法

##### (1) 試験材料

試験に供した材料は表-1に示すように熱的性質の異なるアルミニウム、ステンレス、御影石、ガラス、アクリル、木材の6種類とした。これらの材料はいずれも寸法を300×300mm、厚さ10mmと一定としている。設定表面温度は表-2に示すように5、10、20、30、40、50℃の6水準である。

##### (2) 表面温度の設定方法

試験材料の表面温度が5℃、10℃の場合は、それぞれの環境温度の恒温室で、20～50℃の場合は20±1℃の恒温室で実験を行った。試験材料の表面温度が20℃、30℃、40℃、50℃の場合は、20℃の室内で図-1に示す加熱装置を用いて試験材料を加熱した。加熱装置は輻射熱によって加熱出来るように試験材料とヒーターの間に15mmの空気層を設け、温度分布を一様にするためにヒーターの上に300×300×1mmの銅板を乗せたものである。ヒーターは面ヒーター（O. M. HEATER, シリコンラバーヒーター, 100V, 540W）を用いた。試験材料の表面温度はボルトスライダによって調整し、所定の表面温度を保持しているときの電圧を計測して算定した。

試験材料の表面温度は、低温側、高温側とも手のひらの親指と人指し指の先端を結んだ線上の中間に医療用テープを用いて貼り付けた熱電対（JIS C 6201 T, 直径0.32mm 熱電対は以後同じものを使用）を用い、設定温度に対して±1.0℃で管理した。

ここで、15mmの空気層を設けた理由は、様々な接触形態が想定されるなかで、本実験は手のひらで接触する材料の背後に空気層がある形態を対象としているためである。特に空気層があれば背後へ熱移動する速度が、空気層がない場合よりも遅くなり、熱移動量も少なく評価要素として適しているからである。

##### (3) 被験者

被験者は年齢21～22歳の学生で、それぞれの表面温度を5名で試験した。5℃と10℃、20℃と30℃、40℃と50℃はそれぞれ同じ被験者である。

表-1 試験材料

試験材料	熱伝導率 $\lambda$ (w/m·k)	密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )×10 <sup>3</sup>	比熱 $c$ (kJ/kg·K)	熱透過率 $b^*$ (J/m <sup>2</sup> ·S <sup>1/2</sup> ·K)
アルミニウム	210.00	2.70	0.90	22.59
ステンレス	45.00	7.86	0.48	13.03
御影石	3.50	2.80	0.84	2.87
ガラス	0.78	2.54	0.77	1.24
アクリル	0.20	1.19	1.46	0.59
木材	0.12	0.40	1.30	0.25

$$b^* = (\lambda \cdot \rho \cdot c)^{1/2}$$

表-2 設定表面温度

環境温度	5℃	10℃	20℃			
設定表面温度	5℃	10℃	20℃	30℃	40℃	50℃
試験材料	アルミニウム、ステンレス、御影石 ガラス、アクリル、木材					

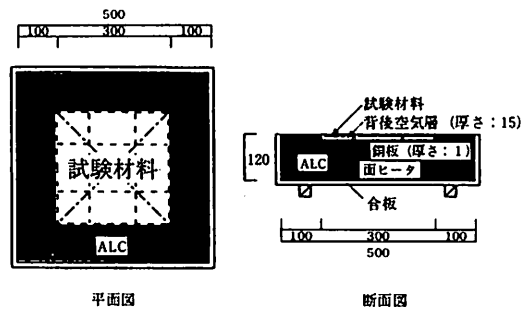


図-1 加熱装置（単位：mm）

##### (4) 接触部温度の測定方法

被験者は各環境温度の恒温室に入室し、5、10℃の部屋では5分間以上、20℃の部屋では30分間安静にした。その後、熱電対を図-2に示すように手のひらの所定の位置に貼り、手のひらを軽く（接触圧力約1kgf）試験材料に接触し、手のひらと試験材料との接触部の温度変化を測定した。接触時間は最大10分間としたが、接触中、手に危険を感じたら手を離すこととした。

##### (5) 接触部温度変化の求め方

これまでの研究で接触部温度変化は接触後1分間で急激に変化し、その後緩やかになることが分かっている。<sup>10)</sup> また温熱感は接触直後が最も敏感であること<sup>10)</sup>、ならびに得られた温熱感によって次の行動、判断を行うには出来るだけ早い時期が良いことを考慮した。そして、接触直後の温熱感を評価する物理量として手のひらの1分後の接触部温度変化を(1)式によって

求めた。

$$cT_1 = T_1 - T_0 \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $cT_1$ : 接触部温度変化 (°C)

$T_1$ : 1分後の接触部温度 (°C)

$T_0$ : 接触前の手のひらの温度 (°C)

(6) 接触温熱感の評価

手のひらで触れたときの接触温熱感は表-3に示す11水準で評価した。接触温熱感の評価は、接触直後に行った。

5. 結果及び考察

(1) 接触部温度変化と接触直後の温熱感の関係

接触部温度変化と接触直後の温熱感の関係を図-3に示す。図中の○は本実験の結果を示したもので、●は文献6)、▲は文献8)から転記したものである。文献6)の実験は各材料表面温度が環境温度と一致しているときのものである。本実験と文献6)の結果は、ほぼ同一の傾向を示している。文献8)は20℃室中で材料表面温度を変えた裸足による10分後の接触温熱感を示したものである。このため文献8)の温熱感是他に比べ、若干温かく評価されている。これらの結果から環境温度、材料表面温度、材料の種類が変わっても、そのときの接触温熱感は接触後1分間の接触部温度変化によって評価することが出来る。

(2) 接触前の材料と手のひらの温度差と接触部温度変化の関係

接触前の材料温度と手のひらの温度の平均値を表-4に示す。接触前の材料の表面温度および手のひらの温度が若干異なっているため、被験者ごとに接触前の材料の表面温度 ( $T_m$ ) と手のひらの温度 ( $T_0$ ) との差 (以下 ( $T_m - T_0$ )) を求めたものと、接触部温度変化との関係を図-4に示す。両者の関係は、ばらつきがあるものの各々の材料ごとに2式で表すことが出来る。また、これらの直線の傾きは材料の熱伝導率が大きいほど大きくなっている。

$$cT_1 = a (T_m - T_0) + b \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $cT_1$ : 手のひらの1分後の接触部温度変化 (°C)

$T_m$ : 接触前の材料の表面温度 (°C)

$T_0$ : 接触前の手のひらの温度 (°C)

a, b: 定数

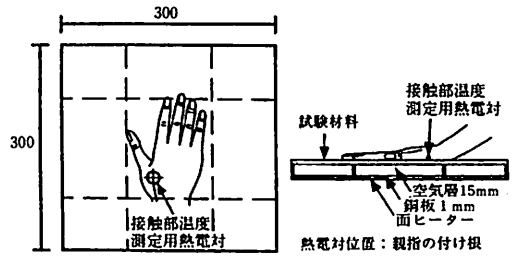


図-2 接触部と材料表面の温度測定位置

表-3 接触温熱感の評点と評価

評点	評価
6	熱くて触れない
5	非常に熱い
4	熱い
3	やや熱い
2	温かい
1	やや温かい
0	どちらでもない
-1	やや冷たい
-2	冷たい
-3	非常に冷たい
-4	冷たくて触れない

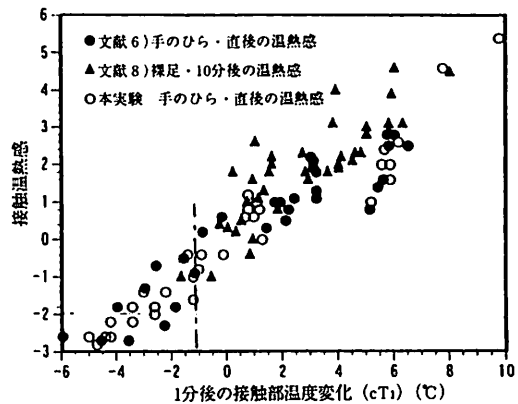
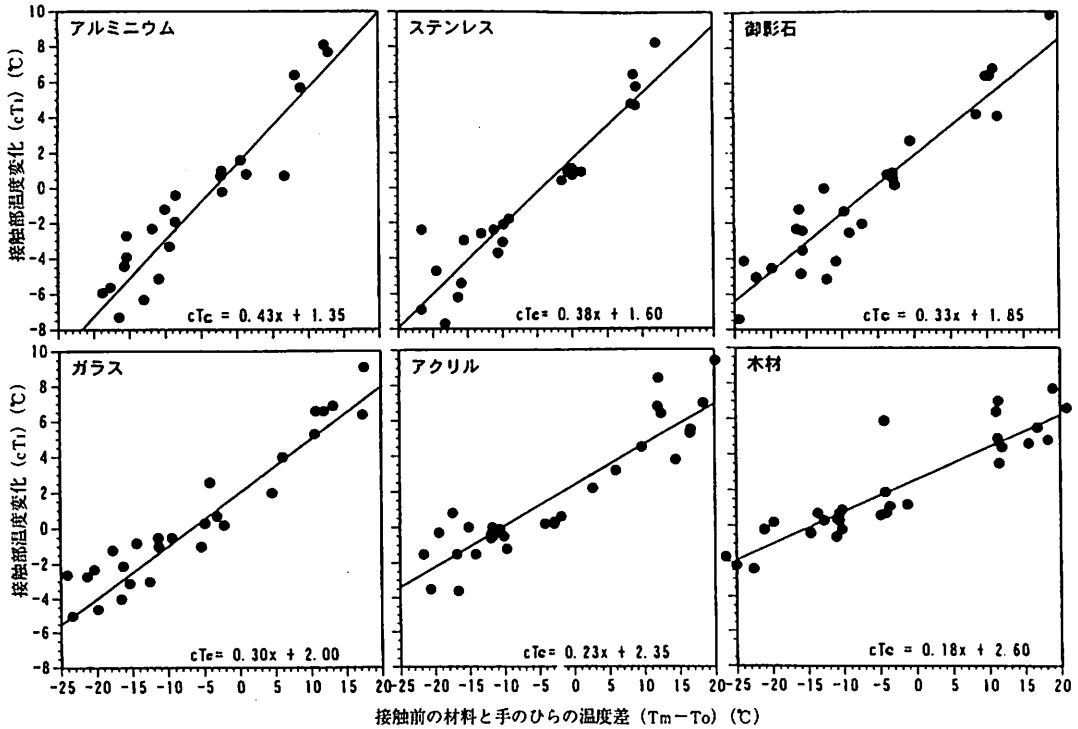


図-3 接触部温度変化と接触直後の温熱感の関係

( $T_m - T_0$ ) が0℃のとき接触部温度変化はアルミニウムが約1.35℃, ステンレスが約1.6℃, 御影石が約1.85℃, ガラスが約2.0℃, アクリルが約2.35℃, 木材が約2.6℃上昇している。一方、1分後の接触部温度変化 ( $cT_1$ ) が0℃のとき、( $T_m - T_0$ ) はアルミニウムが約-3.1℃, ステンレスが約-4.2℃, 御影石が約-5.6℃, ガラスが約-6.7℃, アクリルが約-10.2℃, 木材が約-14.4℃を示している。

表一4 接触前の材料表面温度及び手のひらの温度の平均値 (単位: °C)

		5°C		10°C		20°C		30°C		40°C		50°C	
		手のひら	材料表面	手のひら	材料表面	手のひら	材料表面	手のひら	材料表面	手のひら	材料表面	手のひら	材料表面
アルミニウム	平均	24.3	5.4	24.8	10.4	32.6	22.5	31.3	30.5	30.3	40.1	29.3	50.0
	σ	3.67	0.26	2.87	0.47	0.72	1.1	1.50	0.46	2.81	0.18	1.92	0.11
ステンレス	平均	26.9	5.5	26.4	10.2	32.6	22.5	30.4	30.4	29.9	39.5	30.6	50.0
	σ	2.05	0.37	2.09	0.49	0.84	0.69	0.72	0.27	1.06	0.26	1.11	0.27
御影石	平均	26.3	5.2	25.8	10.7	32.0	22.3	33.0	30.5	29.9	39.9	32.2	50.1
	σ	3.86	0.50	1.58	0.60	1.06	0.99	1.79	0.46	1.43	0.42	4.79	0.16
ガラス	平均	27.2	5.4	26.4	10.7	32.0	22.1	31.9	30.0	28.4	40.2	32.9	50.2
	σ	2.08	0.30	1.93	0.98	3.28	0.80	3.81	0.07	2.29	0.33	1.07	0.16
アクリル	平均	23.1	5.3	24.4	10.1	33.0	22.0	32.0	30.1	29.9	40.3	32.7	49.9
	σ	3.06	0.29	3.45	0.74	0.75	0.68	2.94	0.29	2.61	0.21	1.86	0.30
木材	平均	27.4	6.0	24.3	10.3	31.7	22.4	33.6	30.0	29.1	40.5	31.9	50.0
	σ	4.69	0.18	4.26	0.90	3.27	0.45	1.45	0.36	0.61	0.28	2.09	0.13



図一4 (Tm-To) と接触部温度変化の関係

以後の考察を進めるために、これらの一次式を同一図にまとめたものを図一5に示す。これらの一次式は (Tm-To) が5.0°C、接触部温度変化が3.5°Cのとき交差する。このことは (Tm-To) が5°Cのとき、どのような材料でも接触部温度変化が3.5°Cと一定になることを示す。そして、図一3を用いれば接触部温

度変化3.5°Cは、接触温熱感が1.8~2程度で、ほぼ「温かい」の温熱感を示すことになる。

(3) 環境温度と手のひらの温度の関係

環境温度と手のひらの温度の関係を図一6に示す。図中の○は本実験の結果であり、●は文献6) から転

記したものである。本実験では環境温度が5~20℃であるが文献6) とほぼ一致している。図-6から手のひらの温度は、環境温度によって相違している。このように表面温度が同じでも環境温度によって手のひらの温度が変わるため (Tm-To) は異なることになる。

(4) 20℃の接触部温度変化から各環境温度、各表面温度のときの接触部温度変化を求める方法

既往研究6) でも明らかなように本研究のように所定の環境温度下に入室後5分から30分の時間を経過した場合、手のひらの温度は環境温度によって相違する。このように表面温度が同一でも環境温度によって手のひらの温度が変わるため、接触前の材料表面温度 (Tm) と手のひらの温度 (To) との差 (Tm-To) は異なる。そこで図-5を用いて、(Tm-To) が-20℃, -10℃, 0℃, +5℃, +10℃, +20℃における接触部温度変化を求め、表-5の20℃において測定した各材料の接触部温度変化 (20cT1) から、20℃における接触部温度変化と (Tm-To) における接触部温度変化との関係を示せば図-7のように表すことができる。

図-7では (Tm-To) ごとにそれぞれ異なった直線で示すことができ、(Tm-To) が大きいほどこれらの直線の傾きが大きくなっている。この傾きは(2)式、即ち図-4の各々の回帰式の定数aおよびbと20℃において測定した各材料の接触部温度変化 (cT1) との関係から(3)式、(4)式の回帰式を導き、得られた定数a, bを用いて、これらを(2)式に代入して、各 (Tm-To) のときのcT1と20℃におけるcT1との関係式から求めたものである。このときの回帰式は(5)式のように表すことができる。

$$a = -0.058 (20cT_1) + 0.21 \dots\dots\dots (3)$$

$$b = 0.303 (20cT_1) + 2.5 \dots\dots\dots (4)$$

$$cT_1 = \{-0.058 (20cT_1) + 0.21\} (Tm-To) + \{0.303 (20cT_1) + 2.5\} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、a, b : 定数

20cT1 : 20℃において測定した各材料の接触部温度変化 (℃)

cT1 : 手のひらの1分後の接触部温度変化 (℃)

また (Tm-To) と図-7で得られた直線の傾きの

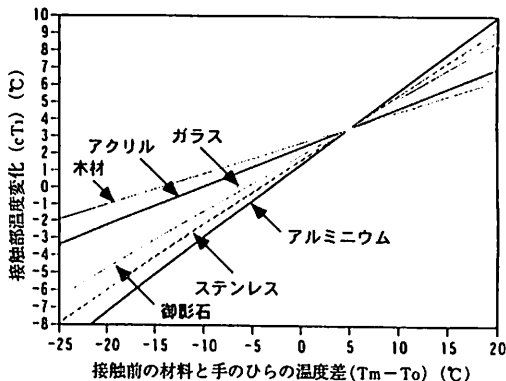


図-5 接触前の材料と手のひらの温度差と接触部温度変化の関係

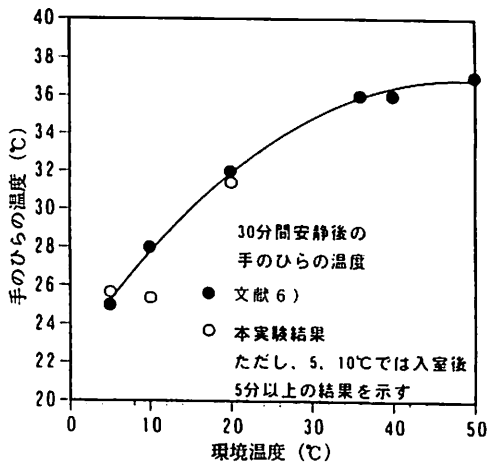


図-6 環境温度と手のひらの温度の関係

表-5 20℃のcT1

材 料	20cT1 (℃)
アルミニウム	-4.1
ステンレス	-2.7
御影石	-2.1
ガ ラ ス	-1.8
ア ク リ ル	-0.8
木 材	+0.1

関係を図-8に示す。両者の関係は一つの直線で示すことができる。図-7において (Tm-To) が+5℃のとき傾きが0となり各材料とも (Tm-To) における接触部温度変化は3.5℃となる。そしてこのTm-To = +5℃は図-5の交点ともなる。これらによ

て、20℃の材料に接触したときの接触部温度変化と ( $T_m - T_o$ ) が分かれば図-7 からどのような環境温度および材料表面温度の組み合わせでも、そのときの接触部温度変化 ( $cT_1$ ) が推定できる。

(5) 20℃室中における接触部温度変化から各環境温度下における接触温熱感を推定する方法

環境温度、材料表面温度、材料の種類によって異なる接触温熱感を20℃において測定した接触部温度変化を用いて、図-3と図-7によって評価することが出来る。例えば、20℃における接触部温度変化が-2℃で ( $T_m - T_o$ ) が-10℃の場合、図-7 (図中の点線) を用いてこのときの接触部温度変化-1.1℃を求め、この値を用いて図-3 (図中の点線) から接触温熱感を求めると「どちらでもない」、「冷たい」の間の評価を求めることが出来る。

## 6. まとめ

本研究によって得られた結論を以下に示す。

- (1) 環境温度、材料表面温度、材料の種類によって様々に変化する接触直後の温熱感は、1分後の接触部温度変化によって表すことが出来る。
- (2) 接触部温度変化は ( $T_m - T_o$ ) によって推定することが出来る。ただしこの関係は材料の種類によって異なる。
- (3) ( $T_m - T_o$ ) と接触部温度変化の関係は、材料の種類によって異なるが、ひとつの交点を有する直線群で示すことが出来る。
- (4) 20℃における接触部温度変化が分かれば、どのような環境温度、材料表面温度の組み合わせでも、そのときの ( $T_m - T_o$ ) における接触部温度変化 ( $cT_1$ ) が推定できる
- (5) 表面温度が20℃における接触部温度変化が分かれば、それぞれの環境温度、材料表面温度、材料の種類によって異なる接触温熱感を評価することが出来る。

本報告では、環境温度が異なる場合について考察したが、今後、環境温度が材料表面温度と同一のときについて報告したい。

### (参考文献)

- 1) 「大辞典」：小学館，1995年12月1日第1版発行
- 2) 大山正ほか2名：新編，感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，1256頁，2000.6.20

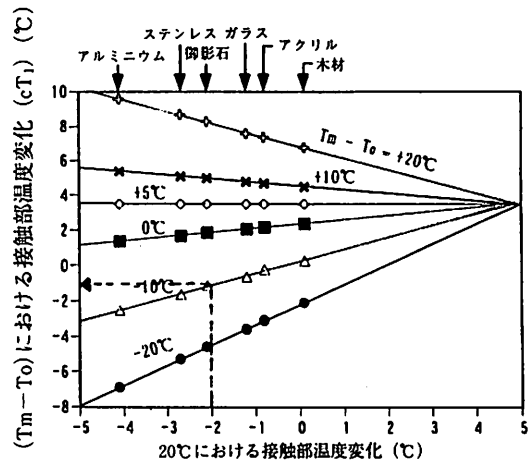


図-7 20℃における接触部温度変化と ( $T_m - T_o$ ) における接触部温度変化の関係

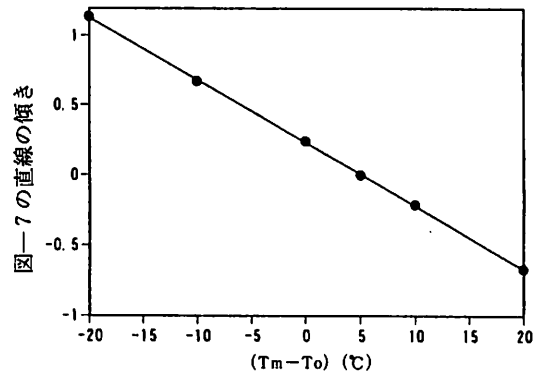


図-8 ( $T_m - T_o$ ) と図-7の傾きの関係

- 3) H · Hensel, A. Iggo, I. Witt : A Quantitative Study of Sensitive Cutaneous Thermoreceptors with C Afferent Fibers. J. Physiol 1960, 153, pp113~126
- 4) K. Buettner : Effect of extreme heat and cold on human skin, II .Surface temperature and heat conductivity in experiments with radiant heat. Journal of Applied Physiology, Vol. 3, pp691~702, 703~713, 1951
- 5) 栗山寛ほか2名：建築仕上材料の質感に関する研究(1)，日本建築学会大会学術講演梗概集，PP191~192，1968.10
- 6) 松井勇ほか1名：仕上材の感触に関する研究，その1. 温冷感触，日本建築学会論文報告集第263号，PP21~32，昭和53年1月

- 7) 岡島達雄ほか3名：建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究(その1)(触覚による温冷感の定量化),日本建築学会論文報告集第245号, pp1~7, 昭和51年7月
- 8) 松井勇ほか3名：各種床仕上げ材を用いた暖房床の接触温熱感の評価方法に関する研究,日本建築学会構造系論文集517, pp.31~37, 1993.3
- 9) 標準皮膚科学：医学書院, 佐藤良夫, 池内重雄著, 135~139頁
- 10) KAWASAKI,MATSUI,TANABE,YUASA : Study on Safe Surface Temperature for Handling.Proceedings of The 5 th Korea / Japan symposium on Building Materials & Construction,pp101~107, 2000.8
- 11) 松井勇ほか2名：作業性から見た高温表面の接触可能時間に関する研究,日本建築学会構造系論文集 第524号, pp29~35, 1999.10
- 12) 川崎, 松井, 湯浅：作業の安全性から見た表面温度と接触温熱感との関係,日本建築学会大会学術講演梗概集, 845~846頁, 1999年9月
- 13) 川崎, 松井, 湯浅：容器の表面温度と手のひらの接触温熱感について, 日本人間工学会第29回関東支部大会, 94~95頁, 1999年11月
- 14) 松井, 川崎, 湯浅, 杉野：作業の安全性から見た高温表面に触れたときの手のひらの接触部温度について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 847~848頁, 1999年9月
- 15) 川崎, 松井, 田鍋, 湯浅：安全な表面温度に関する研究, その1. 高温に触れたときの接触温熱感について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 295~296頁, 2000年9月
- 16) 田鍋, 川崎, 松井, 湯浅：各種材料の表面温度と接触温熱感, 日本建築仕上学会2000年大会学術講演会, 161~164頁, 2000年10月
- 17) 田鍋, 川崎, 松井, 湯浅：低温表面から高温表面までの接触温熱感と接触部温度変化, その1. 接触温熱感について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 81~82頁, 2001年9月
- 18) 川崎, 田鍋, 松井, 湯浅：低温表面から高温表面までの接触温熱感と接触部温度変化, その2. 接触部温度変化について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 83~84頁, 2001年9月
- 19) 田鍋, 川崎, 松井, 湯浅：低温から高温材料表面の接触温熱感の評価方法について, その3. 接触温熱感と接触部温度変化について, 日本建築仕上学会2001年大会学術講演会(第12回研究発表会), 89~92頁, 2001年10月
- 20) 川崎, 田鍋, 松井, 湯浅：低温から高温材料表面の接触温熱感の評価方法について, その4. 接触温熱感の推定方法, 日本建築仕上学会2001年大会学術講演会(第12回研究発表会), 93~96頁, 2001年10月
- 21) 川崎ほか3名：材料に触れたときの手のひらの接触部温度変化による評価方法,(その1) 低温から高温までの材料の接触温熱感の評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 2001.11, (投稿中)