

体温近辺における建築仕上げ材の触覚的特性

TACTILE RESPONSE OF BUILDING MATERIALS

AROUND BODY TEMPERATURE

呉 健丹^{*1}, 河辺伸二^{*2}, 岡島達雄^{*3}, 水谷章夫^{*2},武田雄二^{*4}, 堀越哲美^{*3}

Jian dan WU, Shinji KAWABE, Tatsuo OKAJIMA,

Akio MIZUTANI, Yuji TAKEDA and Tetsumi HORIKOSHI

The object of this paper is to clarify the tactile response of building materials at 30°C~45°C, around body temperature. The tactile (warmth, hardness, roughness, dryness, comfort) values of ten kinds of building materials were experimentally determined.

Putting the previous studies¹⁾ together, the variation of tactile response with the temperature were evaluated. Effect of high temperature on warmth value was clarified with physiological and psychological methods.

1) Okajima, T. et al, : "The Effect of Temperature on the Tactile Response of Building Materials", Transactions of AIJ, pp.1-10, No.419, 1991.

Keywords : building materials, tactile response, body temperature, physiology, psychology

建築仕上げ材, 触覚, 体温, 生理学, 心理学

1. はじめに

建築空間を構成する建築仕上げ材にとって、物理的、力学的性質だけでなく、感覚的性質も重要な特性の一つである。様々な温熱条件下で触れる仕上げ材が、人にどのような感覚を与えるかは、建築を設計するときの有効な資料となる。

建築仕上げ材の触感に関する研究は岡島ら^{1)~7)}が既に10°C~30°Cの温度範囲内で温冷感、硬軟感、粗滑感、乾湿感、快・不快感の総合的評価について研究してきた。建築仕上げ材料の温度による温冷感の変化については、松井ら⁸⁾、大釜⁹⁾による報告がある。

人は常温でのみ活動するわけではない。日常生活においては、台所、風呂場、サウナ、温水プールなどで、特殊な環境としては、発電所、工場など、現代社会には高温条件下で人々が活動する場所は至るところに存在する。このような高温下で、人々が直接、および間接的に

触れる壁、床、ドア、机などの建築仕上げ材による触覚をも考慮する必要がある。

本研究は、体温近辺の30°C~45°Cの室温における建築仕上げ材の触覚的特性を明らかにすることを目的としている。約十種の建築仕上げ材料を選び出し、各触覚(温冷感、硬軟感、粗滑感、乾湿感、快・不快感)の特性について、心理実験を行い、それらを尺度化して心理量を求めた。そして、前報¹⁾と併せて、温度による各感覚の変化を調べ評価した。また、高温室内における触覚的特性として、温冷感の閾値について生理・心理学的に解明した。

2. 実験計画

本研究では、温冷感、硬軟感、粗滑感、乾湿感および快・不快感の5感覚の心理量を測定した。測定方法として、図式評定尺度法¹⁾(主実験)および7段階評定法(詳

本論文の一部は既に文献16)において発表した。

^{*1} 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 大学院生・修士(工学)

^{*2} 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 助教授・博士(工学)

^{*3} 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 教授・博士(工学)

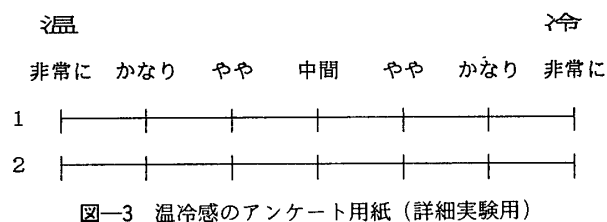
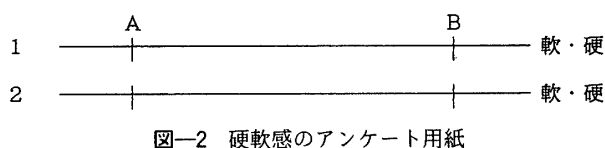
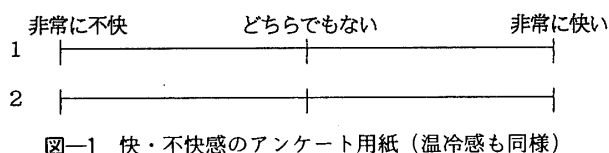
^{*4} 愛知産業大学造形学部建築学科 助教授・博士(工学)

Graduate Student, Faculty of Engineering, Nagoya Institute of Technology, M. Eng.

Associate Prof., Faculty of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof., Faculty of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

Associate Prof., Faculty of Formative Art, Aichi Sangyo University, Dr. Eng.



細実験）を採用した。

主実験では、アンケート用紙として、快・不快感について、図-1のような左端に「非常に不快」、中点に「どちらでもない」右端に「非常に快い」という線分の長さが12 cmの評定用紙を用いた。温冷感²⁾についても同様の形式のものを用いた。

硬軟感については、図-2のようなA—B間8 cm、線分の長さ12 cmの評定用紙を用いた。A、Bは標準試料を示す。粗滑感、乾湿感についても、硬軟感と同様の形式の用紙を使った。被験者は、この直線上に各試料に対する判断を縦に1 cmほどの線を引いて表現する。これと同時に硬軟感、粗滑感、乾湿感については、中位点を求めるため、用紙の右側に示した「硬・軟」、「粗・滑」、「乾・湿」の文字のどちらか感じた方に○（丸印）を付けてもらった。

さらに、体温付近での微妙な温冷感を調べるために、温冷感の詳細実験をした。7段階評定法により、図-3のような用紙を使った。

実験に用いた試料を表-1に示す。試料の種類は表-2に示す標準試料およびチェック試料を含めて材質別に9種類、合計13種類²⁾である。本論文と文献¹⁾の試料記号の示す試料は同一のものである。なお、これらの試料は、必ずしもそれぞれの材質を代表するものではなく、それぞれの試料名が示す材質の一つのサンプルである。例えば、D-4は大理石とあるが、大理石一般ではなく、特定の材質、寸法、形状、仕上げを持った大理石と考えてもらいたい。

標準試料はそれぞれの感覚でほぼ両極端の評定値をもつ二つの固定した試料であり、被験者の判断を容易にするためのものである。またチェック試料とは、一回の実験中に3回同じ試料を呈示することにより、その評定値のばらつきから、各被験者の評定値の信頼性を調べるた

表-1 試料

試料名	番号
アルミニウム	(A-1)
ぶな AA80	(B-10)
木毛セメント板	(C-2)
大理石	(D-4)
すりガラス	(E-7)
石膏板	(F-1)
アクリル系吹付板	(G-2)
じゅうたん	(H-3)
ござ	(I-8)

表-2 標準試料およびチェック試料

触 感 覚	標準試料		チェック試料
	A (硬・滑・湿)	B (軟・粗・乾)	
硬 軟 感	ステンレス(A-6)	ジュウタン(H-1)	ラワン(B-1)
粗 滑 感	ステンレス(A-6)	リシン(G-4)	ラワン(B-1)
乾 湿 感	ステンレス(A-6)	リシン(G-4)	ラワン(B-1)
温 冷 感			ラワン(B-1)
快・不快感			ラワン(B-1)

めに用いたものである。

実験は、恒温恒湿室で行った。室内条件は気温をそれぞれ $30\pm1^{\circ}\text{C}$ 、 $35\pm1^{\circ}\text{C}$ 、 $40\pm1^{\circ}\text{C}$ 、 $45\pm1^{\circ}\text{C}$ で一定（外気温はすべて $30\pm3^{\circ}\text{C}$ （夏季）であった）、相対湿度を60～65%に設定した。いずれも試料を恒温恒湿室内に1日間放置し、デジタル表面温度計を使って、試料の表面温度が室内温度に等しくなったことを確認した後、実験に供した。また、体温付近の詳しい変化を調べるため、温冷感だけについて、詳細実験（室内温度をそれぞれ 30°C 、 32.5°C 、 35°C 、 37.5°C 、 40°C で一定、相対湿度を60～65%に設定した）を行った。

実験に先立ち、被験者をそれぞれの温熱環境に順応させるため、30分間実験予備室に滞在させた。被験者は年齢20～30歳の男女合わせて10名である。（既往の研究⁵⁾によって、男女の心理量評定値には差がないことが明らかである。）実験においては、被験者の視線を遮った状態で手掌で10秒間以内で試料に触らせた。試料は乱数表を用いて、ランダムに呈示された。一人の被験者が1回の実験で5つの触感覚を別々に評価した。すなわち、まず、温冷の全試料を評価させ、次に硬軟の全試料を、以下粗滑、乾湿、快・不快感の順に評価させた。一人当たり一回の実験に要した時間は約20分で、疲労に関する申告はなかった。

3. 実験結果

各感覚に対する評定値は、すべてアンケートの線分の左端から被験者のつけた印までの距離で表した。本研究では、各感覚ごとに、各試料の全被験者の評定値につい

て標準偏差の平均値を求めた。そして、チェック試料の3回の評定値の標準偏差が上記で求めた平均値の最小値を超える被験者の評定値を除外した。

各試料の評定値の代表値として中央値 X_i を用いる。それぞれの温度における心理量の中位点 X_e を、被験者の半数が「硬」、「粗」、「乾」と判断する際の評定値とした。また、温冷感、快・不快感の中位点はどちらでもないという点（線分の左端からの距離が6 cm）である。各試料の心理量 z_i は各試料の X_i を X_e と標準偏差 σ で基準化し、次のように求めた。

$$Z_i = (X_i - X_e) / \sigma \dots\dots\dots (1)$$

実験結果の分散分析により、快・不快、温冷、硬軟、粗滑、乾湿感はいずれの室温においても、各試料の評定値の間には、個人間のそれに比べて、5%の危険率で有意の差があると判定された。このことから、本評定尺度法が上の試料を評価するのに有効な方法であると認められる。

温度の変化による各触覚心理量の変化の状態を図4～図9に示す。横軸の温度は、室温でもあり、試料の表面温度でもある。縦軸は試料の心理量である。

4. 考 察

本研究の実験結果と既往研究の10℃～30℃の実験結果^{註3)}と併せて、次のように考察した。

4.1 温度による硬軟感、粗滑感と乾湿感の変化

温度による硬軟感、粗滑感と乾湿感の変化を調べるた

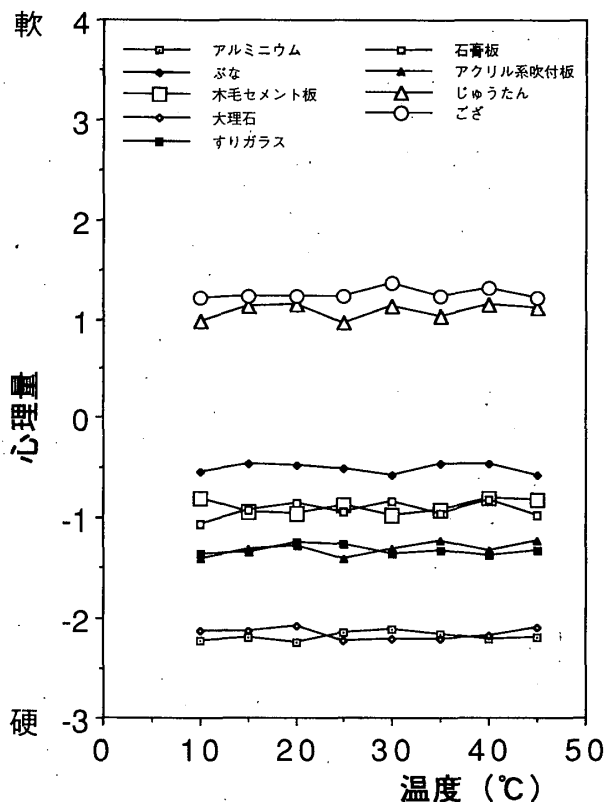


図4 室温による硬軟感の変化

めに、分散分析 (乱塊法)^{註4)}を行った。その結果、1%の危険率で、硬軟感、粗滑感、乾湿感には有意な差があるとは言えない。すなわち、硬軟感、粗滑感および乾湿感の心理量はこの程度の温度変化では一定である。

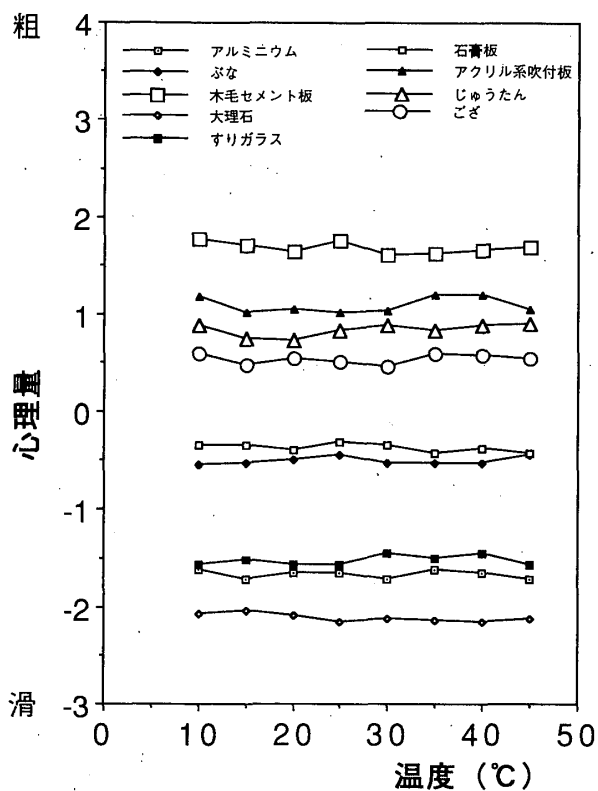


図5 室温による粗滑感の変化

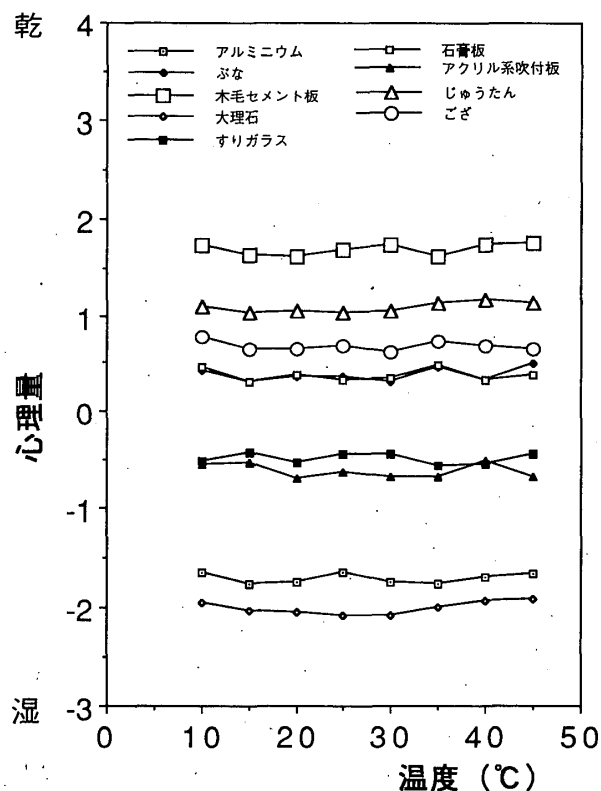


図6 室温による乾湿感の変化

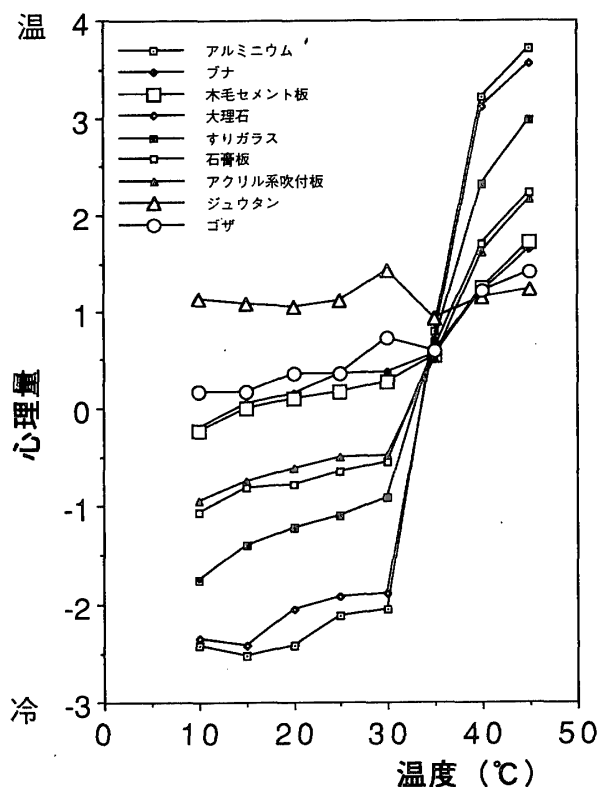


図-7 室温による温冷感の変化

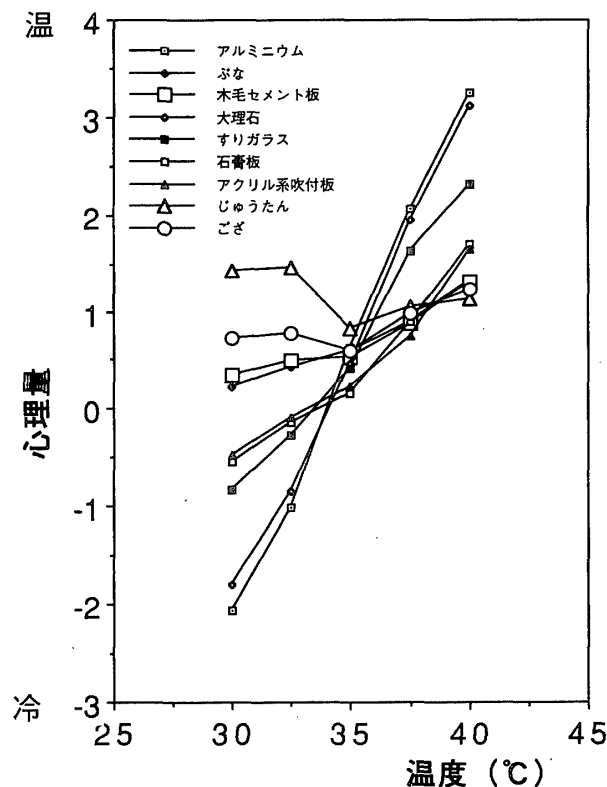


図-8 室温による温冷感の変化(詳細実験)

4.2 温度による温冷感の変化

分散分析(乱塊法)^(註4)により、1%の危険率で温冷感には、温度による心理量に差があると言える。

図-7は室温による温冷感心理量の変化図である。30°C位までは、全試料とも温度の上昇とともに、温冷感は温の方に向かう。そして、温度の上昇に対する温冷感の増加の割合は全試料ともほとんど変わらない。また、アルミニウム、大理石、すりガラス、アクリル系吹付板、石膏板、ぶなおよび木毛セメント板は、気温30°C→40°Cで急激に冷→温へと変化している。この時、これらの材料は冷の度合いが大きいほど急激に温へと変化している。また、じゅうたんおよびござはこの温度範囲で、温の度合いが低下している。全試料について、30～40°Cの範囲を境として、温冷感に順位の逆転が見られる。40°Cを超えると、全試料の温冷感は温の方向に移動する。

4.3 温冷感の閾値と詳細実験

4.3.1 温冷感の閾値

感覚生理学、神経学より、温度感覚^{(11)~(14)}は大きく温覚、冷覚および無温度感覚帯に分類される。ここで、冷たいとも温かいとも判断しないとき、つまり温度感覚を誘発しない場合を無温度感覚帯と呼ぶ。手の皮膚温は、室温のみならず、触れる試料の材質によっても影響を受けるので、手の温度感覚閾値もまた室温と触れる試料の材質によって変容する。

4.3.2 温冷感の詳細実験

詳細実験の結果を図-8に示した。これと図-7の30°C、35°C、40°Cの実験結果との差の分散分析を行ったところ、1%の危険率で有意な差があるとは言えないことが判明した。すなわち、温冷感について、図-1の図式評定尺度法と図-3の7段階評定法によって、差があるとは言えない。

図-8より、30°C、32.5°C、37.5°C、40°Cで心理量に差のあった材料などが、35°C近辺では、心理量の差がほかの温度のそれに比べて、極度に少なくなっている。これは手のひらと材料との温度がほぼ等しいため、両者の間の熱移動量がほとんどないからである。すなわち、無温度感覚帯は35°Cの付近にあると思われる。富田滋⁽¹⁴⁾により室温と同温度の物質に対する無温度感覚帯は35°C付近であると報告されている。これは、本実験の結果と一致している。

4.4 温度による快・不快感の変化

分散分析(乱塊法)^(註4)により、1%の危険率で快・不快感には、温度による心理量に差があると言える。

各材料について、室温による快・不快感の差を見てみると、図-9-1より、大理石、アルミニウム、すりガラス、アクリル系吹付板、石膏板は10°C→45°Cの温度上昇にともなって、「不快」→「快」→「不快」と変化する。そして30°C近辺で「快」が最高となる。これらの材料は体温より低いところでは比較的「冷」、体温より高いところでは比較的「温」と判断された試料であり、

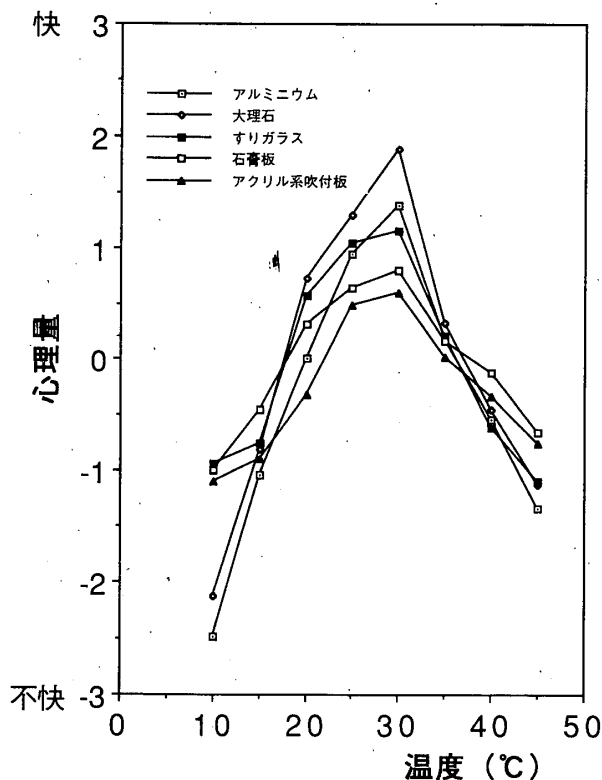


図-9-1 室温による快・不快感の変化

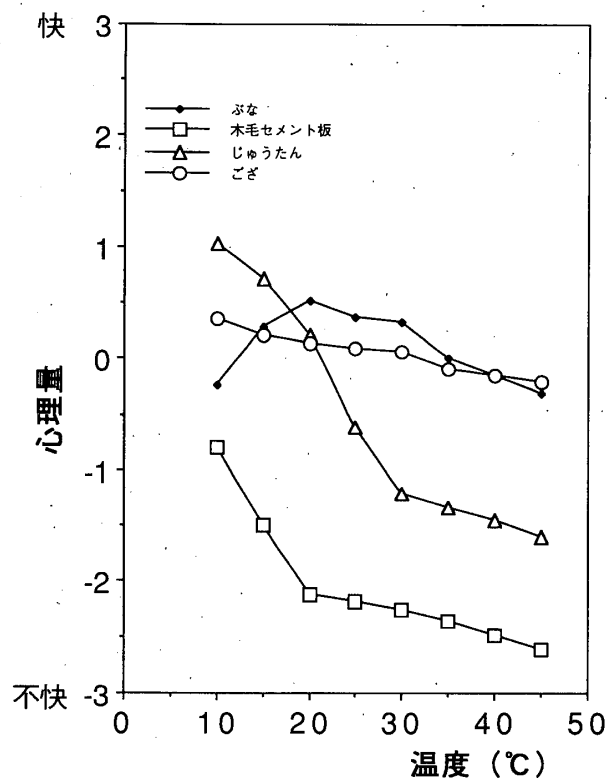


図-9-2 室温による快・不快感の変化

接触による熱移動量¹⁵⁾が大きいものである。

図-9-2より、ごごとぶなは接触による熱移動量が小さいものであり、10°C→45°Cの温度上昇にともなって、心理量が小さい幅で変化している。じゅうたん、木毛セ

メント板は10°C→45°Cの温度上昇にともない、「不快」の方向へと変化している。じゅうたんは、体温より低いところでは、最も「温」、体温より高いところでは、最も「冷」に近いと判断され、本研究の範囲では、温度が上昇しても温感がほとんど変わらぬ唯一の試料である。すなわち、じゅうたんは皮膚と接触しても、その表面温度が最も変化しにくい試料であると言える。室温が上昇して体温より高くなるにともない、皮膚に多くの熱を供給し続け体温の維持を困難にせしめるため、「不快」と評価されたものと認められる。木毛セメント板は常温の場合は硬くて粗く最も「不快」と判断されている¹⁾。温度の上昇にともなって、じゅうたんと同様の理由で、この「不快」の傾向が助長されたものである。

5. 結論

室温、試料温度が共に10°Cから45°Cの範囲にある建築仕上げ材の触感覚について、次のことが言える。

- 1) 硬軟感、粗滑感および乾湿感の心理量は温度によって変わらない。
- 2) 本実験の図式評定尺度法と7段階評定法によって求められた温冷感心理量の値に有意な差はない。
- 3) 温冷感心理量は温度により差がある。30°Cまでは、温度の上昇により、全試料の心理量はほぼ同一の割合で増加する。35°C付近に無温度感覚帯が存在する。全試料には30~40°Cの範囲を境として、温冷感に順位の逆転が見られる。40°Cを超えると、全試料の温冷感は温の方向に移動する。
- 4) 快・不快感は温度に大きな影響を受ける。大理石などは温度上昇により、30°C近辺が「快」の頂点となるように、「不快」→「快」→「不快」と変化する。じゅうたん、木毛セメント板は、温度上昇にともなって「不快」の方へと向う。ごごとぶなは心理量が小さい幅で変化している。

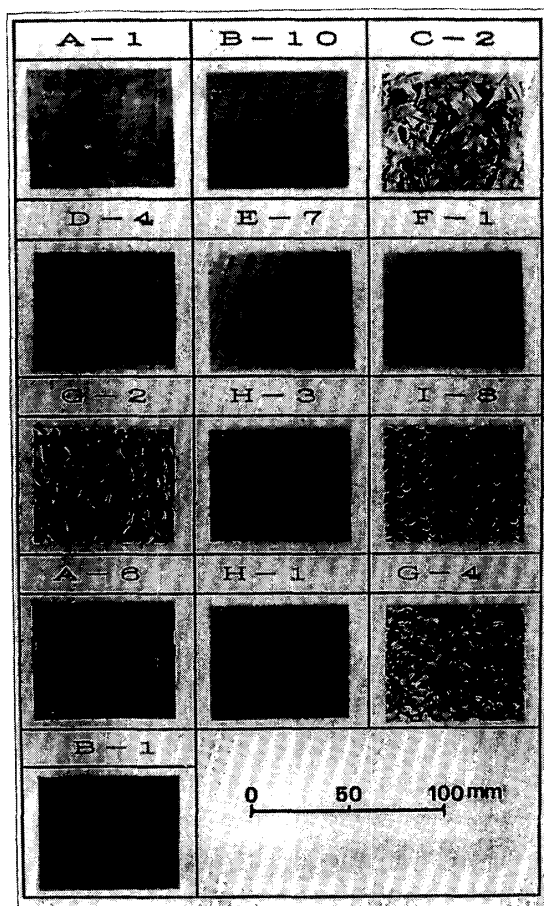
謝辞

本研究を進めるにあたり、大きな刺激を与えていただいた日本建築学会環境工学委員会接触感覚WG(主査 松井 勇 日本大学生産工学部教授)ならびに建築計画委員会人間工学小委員会(当時主査 岡島達雄)の委員各位に厚くお礼申し上げます。実験にあたり、被験者として貴重な時間を割いていただいた名古屋工業大学社会開発工学科の学生諸君に感謝する。また、卒業研究として本研究の一部を担っていただいた加藤宏幸氏(現大和ハウス工業株式会社)に厚く謝意を表する。

なお、本研究の一部は文部省科学研究費一般Cによって行われている。記して謝意を表する。

注

- 1) 参考文献1)によると、図式評定尺度法のアンケート用



写真—1 試料の表面状態

紙には、標準試料有りと標準試料無しとの二種類がある。温冷感については、両方のアンケート用紙が用いられた。この際、両者に有意な差はなかった。

体温近辺における温冷感の実験では、安定した結果の得られる標準試料の選定が難しいため、標準試料を設定しない快・不快感と同様のアンケート用紙を用いて、実験を行った。快不快感と硬軟感、粗滑感および乾湿感は参考文献1)と同じアンケート用紙である。詳細実験は別途である。

- 2) 各試料の表面状態を写真—1に示す。
- 3) 文献1)では建築仕上げ材の触覚的特性に及ぼす温度の影響を明らかにすることを目的とし、数十種の建築材料を選び出し、各触覚(温冷感、硬軟感、粗滑感、快・不快感、乾湿感)の特性について、10~30°Cの気温下で心理実験を行い、それらを尺度化して、心理量を求めている。そして、気温による各感覚の変化と各感覚間の相関を調べ、評価した。
- 4) 文献10)の乱塊法による、本実験の分散分析の結果を表—3に示す。

参考文献

- 1) 岡島達雄ほか5名：建築仕上げ材の触覚的特性に及ぼす温度の影響に関する研究，日本建築学会論文集，第419号，pp.1~10，1991.1
- 2) 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），日本建築学会論文報告集，第245号，pp.1~7，1976.7

表—3 温度差の分散分析

感覚	要因	偏差平方和	自由度	平均平方	不偏分散比F ₀
快・不快感	材料	18.2	8	2.27	3.55**
	温度差	63.1	7	9.01	14.1**
	残差	35.7	56	0.64	
	全体	117	71		
温冷感	材料	33.8	8	4.23	3.58**
	温度差	84.4	7	12.1	10.8**
	残差	66.3	56	1.18	
	全体	185	71		
硬軟感	材料	99.8	8	12.5	41.6**
	温度差	3.50	7	0.50	1.67
	残差	16.8	56	0.30	
	全体	120	71		
粗滑感	材料	116	8	14.5	36.2**
	温度差	4.90	7	0.70	1.75
	残差	22.4	56	0.40	
	全体	143	71		
乾湿感	材料	116	8	14.5	18.1**
	温度差	7.70	7	1.10	1.35
	残差	44.8	56	0.80	
	全体	168	71		

**：1%の危険率で有意の差があり

- 3) 岡島達雄ほか2名：建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究（その2），日本建築学会論文報告集，第246号，pp.1~5，1976.8
- 4) 岡島達雄ほか2名：建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究（その3），日本建築学会論文報告集，第261号，pp.1~6，1977.11
- 5) 岡島達雄ほか1名：建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究（その4），日本建築学会論文報告集，第309号，pp.1~10，1981.11
- 6) 岡島達雄ほか1名：建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究（その5），日本建築学会論文報告集，第327号，pp.12~19，1983.5
- 7) 武田雄二ほか1名：建築仕上げ材料の感覚的評価に関する研究（その6），日本建築学会論文報告集，第361号，pp.1~11，1986.3
- 8) 松井 勇ほか1名：仕上げ材の感触に関する研究，温冷感触（その1），日本建築学会論文報告集，第263号，pp.21~32，1978.11
- 9) 大釜敏正：材料の触感覚に及ぼす温度の影響，日本インテリア学会第1回大会研究発表梗概集，pp.58~59，1989
- 10) 肥田野直ほか2名：心理教育統計学，培風館，1977
- 11) Robert F. Schmidt：感覚生理学，金芳堂，1980
- 12) 沖中重雄ほか5名：神経学（第1巻），南江堂，1975
- 13) 椿 忠雄：臨床神経学，医学書院，1966
- 14) 富田 滋：温度覚に関する臨床生理学的研究，精神神経学雑誌，Vol.61，No.8，pp.84~101，1960

- 15) 岡島達雄ほか5名：触覚センサによる建築仕上げ材料の触覚定量化，日本建築学会論文報告集，第425号，pp.1～7，1991.7
- 16) 呉 健丹ほか1名：建築仕上げ材の触覚的特性に及ぼす

温度の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.699～700，1991.9，E分冊

(1992年2月10日原稿受理，1992年8月14日採用決定)
