建築仕上り材料の感覚的評価に関する研究 (その 2)

——触覚による硬軟感の定量化——

正 会 員	岡	島	達	雄*
正 会 員	武	田	雄	二**
正 会 員	棚	橋		勇***

1. ま え が き

建築仕上り材料に対する感覚的評価としては、主に、視覚的評価と触覚的評価が挙げられる。そして、建築仕上り材料の感覚的評価に関する研究が非常に遅れている原因は、感覚のもつ要因の多様性にある。このような現状においては、比較的、先入観や記憶に捕われない触覚的評価の研究を基礎とし、視覚的評価の研究を行なうことが有効と思われる。

また、視覚による建築仕上り材料に対する評価として「硬そう」「軟かそう」「冷たそう」等、本来、触覚による評価を表わす言葉が用いられている事実は触覚による経験が視覚による評価に影響を及ぼすことを示している。このことから、触覚的評価に関する研究を基礎とすることが妥当と言える。

建築材料の感覚的性能の量的表示方法を確立することにより、実際の設計にあたって、設計した建物に人間が接した場合の感覚的評価を予想することができる。

このような観点から、筆者らは触覚による温冷感の定量化を建築仕上り材料について試みた¹⁾。これは、触覚による人間の建築仕上り材料に対する嗜好感が、建築仕上り材料に触れた時の「温冷感」、「硬軟感」、「粗滑感」と相関をもつという渡辺の研究結果に基づいている^{2), 3)}。

本研究は、それらの成果の上に立ち、建築仕上り材料に対する触覚による硬軟感の定量化を試みたものである。定量化を行なうためには、どの程度硬く感じるかという硬軟感心理量を求め、また建築仕上り材料のもつ物理的属性に関係し、物理的な単位で表わすことのできる硬軟物理量を求め、心理量と物理量の関係を関数として求めればよい。そこで、本研究においては、心理量の測定の為に、心理学的手法である一対比較法を用い、物理量は本研究の為に試作した硬軟測定器を使用して求めた値を用いた。

2. 定量化への考え方と方法

2.1 硬軟感

吉田によれば、触現象の研究において、初期の実験心理学では、各種の複雑な触現象を4〜5種類の要素的感覚に分析する試みと共に、一方では要素から複雑な現象を合成しようとする試みが行なわれた。このような試みの中で A.H. Sullivan は「硬いという感覚は、圧感覚に対する平均した刺激と冷感覚に対する刺激によって合成される」とした⁴⁾。

このことから、圧感覚に対する刺激が硬軟感に対し、最も大きく関係すると思われる。そこで、硬軟感に対応する物理量は材を押えた場合の力と材の表面のたわみ（以下本論ではたわみと呼ぶ）の関係から捕えるのが適当と思われる。

2.2 定量化への考え方と方法

本研究は、心理量と物理量の関係を関数として求めることにより、建築仕上り材料に対する硬軟感の定量化を行なおうとするものである。しかし、関数として表わすためには心理量と物理量の両変数が連続体であることが必要である。このことに関して、栗山、渡辺らは建築仕上り材料の質感を大きく、あらさ (Roughness)、あたたかさ (Warmth)、かたさ (Firmness) として捕え、それらに対しての感覚的判断はそれぞれ反応連続体として捕えられることを報告している⁵⁾。本研究における硬軟感とは、そのうちの Firmness と同一のものであり、物理量としての硬軟を建築仕上り材料全般にわたって、連続体として表わすことができれば、硬軟感の定量化が可能になる。

心理量の測定方法としては、一対比較法、順位法、評定尺度法、等現間隔法等がある⁶⁾。本研究においては被験者にとって判断が他の方法に比して、著しく容易なことから一対比較法を用いた。

また、物理量の測定にあたっては、現在、適当な硬軟測定法が見当たらない^{注1)}、建築仕上り材料全般にわたって、材を押さえた時のたわみとその時の圧力を求める装置として、硬軟測定器を試作した。

* 名古屋工業大学助教授 工博

** 名古屋工業大学大学院生

*** 名古屋工業大学助手

(昭和51年2月5日本稿受理・討論期限昭和51年11月末日)

3. 心理量の測定

3.1 試料

心理量の測定にあたり、できる限り建築材料全般にわたって試料を選ぶことが望ましい。ただ、一対比較テスト⁶⁾を行なう為、試料の数をあまり多くすることは、被験者の疲労の点から好ましくない。その為、予備実験により、12種が妥当であるとした。その種類、寸法、熱移動量を表 3-1 に示す。

ここで、熱移動量とは名古屋工業大学岡島研究室で開発した熱移動量測定器による値であり、材料に触れた時の温冷感と対応することが確認されている⁷⁾。

3.2 実験方法と結果

(1) 実験方法

写真 3-1 一対比較テスト風景

写真 3-2 判断状況

表 3-1 試料表

試料名	分類	寸法 (cm)	熱移動量 (cal/cm ² ・sec)	備考
アルミニウム	金属	25×25×0.4	3.56×10 ⁻²	
ガラス	ガラス	30×30×0.5	2.15×10 ⁻²	化粧板ガラス
モルタル板	セメントコンクリート	25×25×1.0	1.91×10 ⁻²	W/C=0.45 S/C=2.0
石膏板	石膏	25×25×0.9	1.67×10 ⁻²	W/G=0.45
ラワン板	木材	25×25×1.3	9.12×10 ⁻³	ニス仕上げ
エポキシ板	合成樹脂	30×20×1.2	1.59×10 ⁻²	凹凸あり 塩ビ発泡層の上に塩ビコーティング
ビニール床材*		25×25×0.2	1.21×10 ⁻²	
軟質塩ビ床材*		25×25×0.2	9.69×10 ⁻³	
毛布*	繊維	25×25×0.3	7.73×10 ⁻³	
ジュタン*		25×25×0.7	1.08×10 ⁻²	
タイル	陶磁器その他	19×24×14	1.15×10 ⁻²	凹凸あり
タタミ		30×30×5.5	8.33×10 ⁻³	

*は1.5cm厚ラワン板に接着

本実験においては、被験者は12種の組み合わせの66対について判断を行なった。判断に際しては、試料が見えない状態で左右に呈示された試料に、それぞれ左手と右手で触れた。解答の際は、左右どちらが硬いかを答え、また同じように判断した場合には「わからない」と答えた。

尚、実験は名古屋工業大学建築学科材料実験室で行なわれ、その時の室温は21~22°C、相対湿度55~60%であった。また、被験者は名古屋工業大学建築学科男子学生6名、南山短期大学英語科女子学生6名の計12名で行なわれ、被験者1人当りの実験所要時間は12~20分であった。

実験の様子を写真 3-1、3-2 に示す。

(2) 結果

一対比較テストによって得られた結果および統計理論²⁾に従って算出した硬軟感の心理量である偏差率を表 3-2 および図 3-1 に示す。表 3-2 において、 F_+ 、 F_0 、 F_- はそれぞれ、より硬い、同じ、より軟かいと判断した $R_{(+ji)}$ 、 $R_{(0ji)}$ 、 $R_{(-ji)}$ の総和である。

C_f 、 C_f' はそれぞれ F_+ 、 F_- に F_0 を等分して加えた値である。これによって求められた偏差率 Z_j をもって硬軟感の心理量とする。尚、この値はより硬いという判断をもとにして求められたものである。

表 3-2 一対比較テスト結果

	タイル	モルタル板	石膏板	毛布	ジュタン	軟質塩ビ床材	ビニール床材	アルミニウム	ラワン板	エポキシ板	ガラス	タタミ
F_+	28	30	34	11	8	38	24	52	23	40	45	7
F_0	15	15	8	2	0	13	6	8	14	15	15	6
F_-	23	21	24	53	58	15	36	6	29	11	6	53
TOTAL	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
C_f	35.5	37.5	38	12	8	44.5	27	56	30	47.5	52.5	10
C_f'	30.5	28.5	28	54	58	21.5	39	10	36	18.5	13.5	56
M_j	0.535	0.563	0.569	0.208	0.153	0.660	0.417	0.819	0.458	0.701	0.771	0.181
P_z	0.035	0.063	0.069	-0.292	-0.347	0.160	-0.083	0.319	-0.042	0.201	0.271	-0.319
Z_j	0.161	0.290	0.318	-1.346	-1.599	0.737	-0.382	1.470	-0.194	0.926	1.249	-1.470

図 3-1 硬軟感心理量

以下その算出方法を述べる。

$$M_P = (C_f + 0.5 N) / nN$$

$$P_Z = M_P - 0.5$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_{Zi}^2}{n}}$$

$$Z_j = P_Z / \sigma$$

ここで、 n は試料数、 N は被験者数、 M_P は平均判断比率、 σ は標準偏差を表わしている。

本実験においては、試料の呈示の際、左右の試料を置き換えた組み合わせに対する判断をも行なわせる為に、12名の被験者をそれぞれ男子3名、女子3名からなる2つのグループに分け、グループ毎に左右の並べ方の違う試料の組み合わせについて判断を行なわせた。その為、一つの反応行列は、2つのグループの判断によって完成するので $N=6$ として結果を算定した。

図 3-1 において、十側即ち図の右側にある試料程、硬く感じることを表わしている。

尚、これらの測定値はあくまでも比較判断をした試料内におけるものである。

4. 物理量の測定

4.1 硬軟測定器

硬軟物理量の測定にあたって、建築仕上げ材料全般に対して測定可能なこと、試料の形を統一するなど試料に特別な加工をせずに、そのままの状態での測定可能なことを考慮して試作した硬軟測定器を写真 4-1 に示す。

次に、その原理を図 4-1 によって説明する。この装置は、装置全体を測定しようとする材に押し付けた時の圧子の移動量 l をダイヤルゲージで読むことにより、その値から材自体のたわみを求めようとするものである。また、圧子はバネで押えられているため、同時に圧子の圧力 P が求められる。ここで、測定前の圧子の出の長さを l_0 とすると、材のたわみ δ は $l_0 - l$ で表わせる。

実際の測定にあたっては、圧子ガイドの下端が試料面につくまで装置を押さえ付け、その時のダイヤルゲージの値を読む。圧子スリーブは装置が試料面に垂直に押し

写真 4-1 硬軟測定器

写真 4-2 圧子および圧子ガイド

図 4-1 硬軟測定器断面および原理

写真 4-3 硬軟物理量の測定

付けられるように設けられたものである。測定の様子を写真 4-3 に示す。

尚、圧子は圧子 A (断面半径 4 mm) と圧子 B (断面半径 2.5 mm) の 2 種類を製作した。この 2 種類の圧子を写真 4-2 に示す。

4.2 実験方法と結果

(1) 実験方法

硬軟測定器による物理量測定に際しては、まず、表面が非常に滑らかな鋼板に圧子スリーブをはずした状態で

図 4-2 硬軟測定器パネ検定図

圧子ガイド下端が密着するまで押し付け、その時のダイヤルゲージの値を読むことにより、圧子の出の長さ l_0 を求める。

また、卓上台秤（精度 1g）の鋼製の上皿に、圧子スリーブをはずした状態で装置を押し付け、その時のばかりの読みとダイヤルゲージの読みを数点プロットすることにより、ダイヤルゲージの読み l mm と圧子の圧力 P kg の関係を検定する。本実験では、圧子 B を用いて行なわれ、その検定の結果は図 4-2 の様であり $P=0.72+0.803 l$ という関係が得られた。

また、測定に際しては、各試料の中央周辺の 10 点に対して l の値を求めた。

(2) 結果

各試料について求めた 10 個の l の値のうち、最大から 2 番目までの値と最小から 2 番目までの値を除いた 6 個の l の値の平均を求め、各試料の l 値とした。

また、それぞれの l の値に対する P の値を求めた。

尚、硬軟の物理量として、圧子の圧力 P を材のたわみ $\delta=l_0-l$ で除した値 P/δ を採用した。

本実験によって得られた各試料についての P , δ , P/δ の値を表 4-1 に示す。

表 4-1 物理量測定結果

試料名	P (kg)	δ (mm)	P/δ (kg/mm)
アルミニウム	2.35	0.046	51.1
ガラス	2.37	0.023	103
モルタル板	2.33	0.068	34.3
石膏板	2.32	0.082	28.3
ラワン板	2.34	0.060	39.0
エポキシ板	2.33	0.080	29.1
ビニール床材	2.16	0.288	7.50
軟質塩ビ床材	2.10	0.355	5.92
毛布	1.56	1.027	1.52
ジュータン	1.36	1.278	1.06
タイル	2.32	0.087	26.7
タタミ	1.80	0.740	2.43

5. 硬軟感の定量化

5.1 心理量と物理量の対応

縦軸に心理量 Z_j を、横軸を対数尺とし物理量 P/δ をとると、図 5-1 が得られた。その結果、 Z_j と P/δ の間

図 5-1 心理量と物理量の対応

にはほぼ直線関係が見られる。ここで、 Z_j と P/δ の間に $Z_j=C_1 \log P/\delta - C_2$ (C_1 , C_2 は定数) という直線性を仮定し、その直線式を最小二乗法によって求めることにより $Z_j=1.44 \log P/\delta - 1.63$ という関数が得られた。

5.2 考察

触覚による感覚的判断において、硬軟感と温冷感および粗滑感の間に相関があることは、既に報告されている^{2),3)}。そこで、温冷感が硬軟感に及ぼす影響を調べる為に、各試料の温冷感心理量の推定値を図 5-2 に示す。この値は表 3-1 に示した各試料の熱移動量をもとに推定したものである。図 5-2 によると、アルミニウムの推定値は -0.930 となり、非常に冷たく感じることがわかる。また、ラワンの推定値は $+1.25$ であり、同程度の P/δ 値をもつ試料に較べて、非常に温かく感じることがわかる。

図 5-2 温冷感推定値

ここで、アルミニウムとラワンが図 5-1 の直線から大きくはずれていることから、温冷感が硬軟感に影響することが推定できる。

エポキシ板および軟質塩ビ床材は同程度の P/δ 値をもつ他の試料に較べて、表面が非常に滑らかなである。そして、これらの試料が図 5-1 の直線から大きくはずれていることから、表面の粗滑が硬軟感に影響することが推定できる。

尚、これらの一般的な傾向としては、物理量としての硬さが同じ場合には滑らかなもの程、そして冷たいもの

程より硬く感じるということが言える。

また、この傾向は先に述べた Sullivan の説および栗山、渡辺らの報告^{2),3)}とも合致する。

6. 結 論

以上の結果より、試作した硬軟測定器による P/δ 値を建築仕上げ材料の硬軟感に対応する物理量として用いることが妥当であると言える。

また、最小二乗法を用いることにより、試料とした建築仕上げ材料の触覚による硬軟感の定量化の結果として $Z_j = 1.44 \log P/\delta - 1.63$ が得られた。そのとき、各試料の測定値のちらばりから、“冷たいもの程、そして表面の滑らかなもの程、硬く感じる”という一般的な傾向が見られる。ただ、現時点においては、温冷感および表面の粗滑が硬軟感に及ぼす影響の度合は明らかでない。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、被験者として貴重な時間を提供していただいた名古屋工業大学ならびに南山短期大学の学生諸君に対して、心から感謝の意を表します。

また、本論文に対し、有益なる御意見をいただいた東京工業大学吉岡丹、小野英哲両博士に謝意を表します。

尚、試料を集めるにあたり、国土建設(株)の大森捷克氏に御努力いただいた事を付記し、謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 岡島、棚橋、安田、武田：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 号昭和 51 年 7 月
- 2) 栗山 寛, 平井和喜, 渡辺正朋：建築仕上げ材料の質感に関する研究(1)(触覚的質感の定量的評価方法につい

て), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 昭和 43 年 10 月

- 3) 渡辺正朋：建築仕上げ材料の質感に関する研究, 昭和 42 年度 東北大学修士論文, § 9
- 4) 吉田正昭：触覚に関する資料(1) 1965 人間工学協会, 人間工学資料 No. 2 pp. 2-3
- 5) J.P. Guilford：精神測定法, 培風館 昭和 34 年 初版
- 6) 参考文献 1), 3-1

[注]

注 1) 現在、物理的硬さの表示法としては、ヤング係数、ブリネル硬度、マイヤー硬度、ビッカース硬度、モース硬度などがあるが、殆んど感覚的な硬さとはかけ離れたものである。ただ、そのうちヤング係数は、材のたわみにくさを表わすものとして、先に述べた硬軟感に対応する物理量として、有効であると思われる。しかし、繊維製品などの剛性の低いものを含む建築仕上げ材料全般に対しては、その測定が困難である。また、同じ材質であっても、厚さが変われば、感覚的な硬さが変化すると予想されるが、ヤング係数の場合では材質により、その硬度は常に一定になってしまう欠点がある。尚、複合材が建築仕上げ材料として、非常に多く用いられている現在、それらに対応するヤング係数の測定は困難である。

注 2) 統計理論については、参考文献 1) 注 2) に示す通りであるが、本論においては反応 R_{ji} はそれぞれの判断に対し、

“より硬い”の判断の場合 (+) $R_{(+ji)}$

“より軟かい”の判断の場合 (-) $R_{(-ji)}$

“わからない”の判断の場合 (0) $R_{(0ji)}$

となる。 S_j, S_i が同等であると判断がなされた時、 $R_{(0ji)}$ は等分して、 $R_{(+ji)}, R_{(-ji)}$ に分配し、

$$R_{(+ji)'} = R_{(+ji)} + \frac{1}{2} R_{(0ji)}$$

$$R_{(-ji)'} = R_{(-ji)} + \frac{1}{2} R_{(0ji)}$$

とした。

SYNOPSIS

U.D.C. 691.11

TACTILE HARDNESS OF BUILDING MATERIALS

by TATSUO OKAJIMA, YUJI TAKEDA and ISAMU TANAHASHI, Members of A.I.J.

The object of this paper is to clarify the relation of the tactile hardness of building materials to the physical one.

The tactile hardness values were determined by the paired comparison method.

The physical hardness values were obtained by A HARDNESS TESTER, newly developed.

Good correlations between them can be obtained by the equation below;

$$Z_j = 1.44 \log P/\delta - 1.63$$

where

Z_j : Tactile hardness value

P/δ : Physical hardness value [kg/mm]