温熱負荷を経た心理的印象の表現に関する研究

○ 中村 誠(水産大学校), 山口静馬, 佐伯徹郎(山口大学)
森元映治, 大崎榮喜(水産大学校)

A study on the psychological impression passed through the thermal load

Makoto Nakamura (National Fisheries University), Shizuma Yamaguchi, Tetsuro Saeki (Yamaguchi University), Eiji Morimoto and Eiki Osaki (National Fisheries University)

1. はじめに

安全で快適な温熱環境を提供するシステムを構築するためには、温冷感などの心理的印象を適切に定量化して、それをモデル化することが重要となる。そこで本研究では、人にやさしい全身シャワー浴システムを構築する研究の一環として、入浴後の温冷感と環境条件、熱量及び生理的測定との関係を判別分析法により調査し、これを視覚的に表現することを試みた。

2. 分析方法

表1に分析対象とした実験^{1),2)}の一覧を示す。実験は脱衣室と浴室の設定温度、入浴装置筐体の上壁の状態、給湯方法の差異の組合せから、計12ケースで構成された。被験者は延べ102名の健康な男子学生であった。

表1 分析対象 [平均値±標準偏差]

Case No.	脱衣室-浴室 (°C)	入浴 ^{※1} 装置	熱量 (kJ)	温冷感 (5min)
1	25.0 - 25.0	Type A	23,467 ± 3,324	0.3 ± 0.9
2	25.0 - 25.0	Type B	27,101 ± 5,825	0.3 ± 0.7
3	19.5 - 19.5	Type A	25,621 ± 3,691	0.6 ± 0.5
4	19.5 - 19.5	Type B	35,723 ± 7,079	0.4 ± 0.7
5	14.0 - 14.0	Type A	31,346 ± 7,600	-0.1 ± 0.6
6	14.0 - 14.0	Type B	54,281 ± 14,934	0.3 ± 0.8
7	25.0 - 25.0	Type C	27,089 ± 4,710	0.9 ± 0.3
8	19.5 - 19.5	Type C	29,580 ± 7,847	0.6 ± 0.5
9	14.0 - 14.0	Type C	35,236 ± 8,157	0.4 ± 0.8
10	25.0 - 19.5	Type A	26,161 ± 6,431	0.4 ± 0.8
11	25.0 - 14.0	Type A	31,649 ± 8,736	0.8 ± 0.4
12	19.5 - 14.0	Type A	32,367 ± 11,597	0.4 ± 0.5

※1 Type A: 筐体閉鎖—一括給湯, Type B: 筐体開放—一括給湯, Type C: 筐体閉鎖—部位別給湯

熱量は入浴条件を基に算出した。測定指標とした生理的測定は、非観血血圧、心拍数、直腸温、7点皮膚温であった。温冷感の調査には7段階評価尺度を適用し、入浴後5分間隔で申告値を求めた。

温冷感の解析には、正準判別による判別分析法を用いた。判別式(以下、モデルと称す)は各脱衣室温度(以下、環境温度と称す)と、全環境温度に対象を拡大したものの計4種を求めた。また目的変数には、温冷感の申告値を、暑い Hot、温熱的中性域 Neutral 及び寒い Cold の計3群にカテゴリー化して用いた。

表2 各環境温度下の温冷感の構造

環境温度	説明変数	標準化判別係数		影響力
		第1ベクトル	第2ベクトル	
25.0 °C	筐体内温度	0.385	-0.423	0.969
	熱量	0.112	0.366	0.649
	経過時間	-0.197	0.776	1.356
	収縮期血圧	0.267	-0.424	0.849
	大腿部	0.908	0.126	1.553
19.5 °C	足背部	-0.327	0.171	0.624
	筐体内温度	0.734	-0.067	1.165
	熱量	-0.196	-0.234	0.483
	経過時間	-0.552	0.083	0.883
	収縮期血圧	0.372	-0.105	0.611
14.0 °C	前額部	0.770	-0.204	1.259
	大腿部	-0.146	1.002	1.600
	熱量	0.153	0.118	0.310
	経過時間	0.823	-0.127	1.341
	収縮期血圧	0.240	0.841	1.407
	前額部	0.333	-0.380	0.813
	大腿部	-0.397	-0.754	1.369
	足背部	-0.094	0.463	0.760

表3 各環境温度下のモデルの判別率

環境温度	Hot	Neutral	Cold	Means
25.0 °C	0.707	0.537	0.950	0.679
19.5 °C	0.694	0.549	0.769	0.630
14.0 °C	0.643	0.636	0.705	0.675

3. 結果と考察

母平均の差の検定結果により、Case4 と Case6 は解析の対象から除外した。

表2と表3に各環境温度下で温冷感の構造を求めた結果と判別率を示す。ここで影響力とは、式(1)に定義するとおりモデルにおける各説明変量の相対的な重みを表す。表3に示すとおり、判別率の平均は約63%～約68%の範囲にあり、温冷感を表現するモデルとしては比較的高い確度が得られた。

$$\text{影響力 } Inf_i \equiv \frac{\text{説明変量の大きさ } EV_i}{\text{説明変量の大きさの平均 } EV_{mean}} \quad (1)$$

$$\text{但し, } EV_i = \sqrt{(\text{第1ベクトル})^2 + (\text{第2ベクトル})^2}$$

表2から、各環境温度下での温冷感には、大腿部温度と収縮期血圧が共通して強く影響している様子がわかる。また、低温域では前額部温度の影響が強い。これは、大腿部の皮膚温点および冷点の分布密度がともに高く、前額部では冷点の分布密度が高いこと³⁾が反映された結果であると推察する。収縮期血圧の影響は、入浴後に環境温度の低下に伴い大きく変動すること²⁾に起因するものと考えられる。経過時間の反映は、温熱負荷を経た後の環境温度に対する生理的馴化が起因したものである。以上のことから、一定の環境温度下での温冷感の表現には、熱量、経過時間、大腿部温度、前額部温度及び収縮期血圧が有用になるものとして捉えられる。

全環境温度に対して求めた温冷感のモデルを式(2)と式(3)に示す。本モデルで示すとおり、第1ベクトル X には身体的要因が、第

2ベクトル Y には環境的要因が支配的となる特徴が見受けられる。本モデルの判別率の中心率は、Hot、Neutral 及び Cold の各カテゴリーに対して各々 0.742、0.339 及び 0.649、全体では 0.568 であり、環境温度別のものより確度が低い。しかし、両極のカテゴリーに対する判別率が高いことから、ファジィ推論の併用などで確度の向上も期待できる。

$$X = 0.013a_1 + 0.29 \times 10^{-5}a_2 - 0.077a_3 + 0.035a_4 + 0.28a_5 + 0.97a_6 - 40.92 \quad (2)$$

$$Y = 0.37a_1 + 0.37 \times 10^{-4}a_2 - 0.020a_3 + 0.061a_4 + 1.15a_5 + 0.63a_6 - 56.60 \quad (3)$$

但し、 $a_1 \sim a_6$ は判別係数であり、各々

a_1 : 環境温度(℃), a_2 : 熱量(kJ),
 a_3 : 経過時間(sec), a_4 : 収縮期血圧(mm Hg),
 a_5 : 直腸温(℃), a_6 : 大腿部温度(℃)。

図1に、全環境温度に対する温冷感のモデルを、各説明変量の標準化判別係数を基に表現する。各軸と説明変量のベクトルが成す角度は相関の程度に対応させ、またベクトルの長さは式(1)で定義した影響力 Inf_i の大きさを表すよう意図した。

4. むすび

温冷感のモデルを構成する要素には、生理的測定として大腿部温度、前額部温度及び収縮期血圧等が、またシステムの運用上で制御可能な環境温度と経過時間等が有用になることが示唆された。温冷感の申告値に対する各モデルの確度は、温熱的中性域 Neutral のものが低くなる傾向を示した。

今後は判別境界値に近い申告値の構造に着目し、より確度を高めるよう工夫をすることが課題となる。

参考文献

- 1) 中村 誠ほか：人間中心の介護用シャワー浴システムの開発に関する研究(第2報)，人間工学，37(6)，273～284，2001。
- 2) 中村 誠ほか：環境温度差に対する全身シャワー浴の心身諸反応について，人間工学，37(特別号)，564～565，2001。
- 3) 大山 正ほか(編)：感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，1249～1252，1994。

図1 温冷感の表現