全身シャワー湯温刺激に対する心理的応答のあいまいさ* —局所湯温刺激の場合との比較—

山口静馬**, 佐伯徹郎**, 中村 誠***, 藤井謙治****

1. はじめに

既発表¹⁾では、シャワー浴時における入浴者の心理的印象を考察するための基礎的研究として、特に局所的シャワー湯温刺激の場合に着目し、これに対する心理的印象の処理方法について検討した。具体的には、湯温刺激に対する人間の心理的印象の評価尺度として湯温感²⁾を採用し、伝統的な確率的手法により、このカテゴリー順序評価尺度が近似的に等間隔距離尺度として取り扱うことのできることをまず明らかにした。そして、この結果を踏まえて、被験者が男性の場合と女性の場合とでは湯温刺激に対する心理的印象に差異の生じるとの知見を得た。さらに、物理的な湯温刺激に対する人間の心理的印象には不可避免的にあいまい性が含まれているとの立場から、ファジィ理論におけるメンバシップ関数を導入して上記のあいまい性の検討を行った。具体的には、正規化ファジィエントロピーを用いて、湯温刺激に対する心理的印象には、女性のほうが男性の場合よりも多くのあいまい性が含まれていることを定量的に考察した。

本研究では、既発表に引き続くものとして、被験者を男性の場合のみに限定し、全身シャワー浴実験を行った。そして次の3点に焦点を絞って考察した。

- (1) 全身シャワー浴の場合においても、湯温刺激に対する心理的印象のカテゴリー化した順序評価尺度が近似的に等間隔距離尺度として取り扱う

ことができるかどうか。

- (2) 全身シャワー湯温刺激の場合と局所的シャワー湯温刺激の場合とでは、被験者の心理的印象に有意な差異が生じるかどうか。
- (3) 被験者の湯温刺激に対する心理的判断において、全身シャワー湯温刺激の場合と局所的シャワー湯温刺激の場合とで、主観的判断に含まれるあいまい性の程度に差があるかどうか。

2. 全身シャワー浴実験の概要

2-1. 実験場所

山口県工業技術センター・シャワー浴実験室で行った。室温を25°Cに保った。相対湿度は約60%前後であった。

2-2. 時期・時刻

7月下旬の午前9時～午後5時の時間帯であった(局所シャワー浴実験¹⁾が男性被験者によって行われた時期に合わせた)。

2-3. 被験者

21～23歳の男子学生8名であった。その中の3名は局所シャワー浴実験¹⁾の被験者と同一である。全身と局所シャワー浴の各場合における心理的応答をできるだけ忠実に比較しようとする目的から、被験者と実験時期・時刻についての条件は共通に保つように実験計画の段階から心がけた。

2-4. 提示湯温刺激

種々の温度に設定した湯を介護用シャワー浴装置(実験システム)³⁾のシャワーノズルから噴射した。提示部位は頭部を除く全身とし被験者は通常の海水パン

* 受付: 2000年3月30日 受理: 2000年7月24日

** 山口大学工学部

Faculty of Engineering, Yamaguchi University.

*** 水産大学校

National Fisheries University.

**** 山口県産業技術センター

Yamaguchi Prefectural Industrial Technology Institute.

ツを着用した。湯流量を 25.0 l/s に一定に保って 10 秒間提示した (10 秒間提示すれば湯温刺激に対して十分に判断を下せることを事前に確認した)。湯の温度は一様分布に従う独立なランダム変数によって 36°C から 45°C の間で設定した。

(a) 被験者 a
(a) Subject a.

(b) 被験者 b
(b) Subject b.

図 1 皮膚温の時間的变化 (湯の温度: 45°C)

Fig. 1 Temporal change in skin temperature (temperature of water: 45°C).

2-5. 評価尺度

局所シャワー浴実験¹⁾の場合と同じ次の評価尺度を用いた。

- F1: 非常にぬるい
- F2: ぬるい
- F3: ややぬるい
- F4: ちょうどよい
- F5: やや熱い
- F6: 熱い
- F7: 非常に熱い

2-6. 測定方法

種々の湯温刺激に対して同一の被験者による独立した心理的印象を得るためには、シャワー浴実験の時間間隔を十分にあげる必要がある。どの程度の時間間隔をとればよいかを調査するため局所シャワー浴実験¹⁾と同様の予備実験を実施した (予備実験中の 2 名の被験者の湯温刺激提示前および最も高い 45°C の湯温刺激を全身に 10 秒間提示した後の各部位の皮膚温と平均皮膚温⁴⁾の時間的变化を図 1 に示した)。この結果、約 30 分の時間間隔をとればよいことが確認された。36°C から 45°C の間でランダムに設定したある一定温度のシャワー湯温刺激を頭部を除く全身に 10 秒間提示した後、被験者はこれに対する湯温感²⁾の心理的印象として $Fi (i=1, 2, \dots, 7)$ の中から 1 つを選んで判断を下した。先に述べた理由から、30 分以上の時間間隔をとって、湯の温度をランダムに変更しながら、この操作を 1 日に 10 回繰り返した。

3. 伝統的手法に基づく心理的応答の解析

3-1. カテゴリー評価尺度の等間隔性

全身シャワー浴実験によって得られたデータを用いて、系列範疇法⁵⁾によりカテゴリー尺度値 $Ci (i=1, 2, \dots, 7)$ を求めた。ただし、中性カテゴリー F4 (ちょうどよい) に対するカテゴリー尺度値を $C4=4$ とした。その結果を局所湯温刺激の場合¹⁾と共に図 2 に示す。同図の左端の軸はカテゴリー尺度をそのまま等間隔距離尺度とした場合のものである。これらの値の等間隔性を検討するため、カテゴリー順序尺度をそのまま等間隔距離尺度とした場合と系列範疇法によるカテゴリー尺度値との間の関係⁵⁾を示したものが図 3 である。全身および局所シャワーのいずれの場合においても相関係数はほとんど 1 に近い値を示しており、カテ

図2 カテゴリ尺度値 $Ci(i=1, 2, \dots, 7)$

Fig. 2 Scale values of category $Ci(i=1, 2, \dots, 7)$.

相関係数 全身: 0.9984, 局所: 0.9995

図3 カテゴリ尺度値 $Ci(i=1, 2, \dots, 7)$ と等間隔距離尺度 $Fi -> i$ との関係

Fig. 3 Relationship between scale values of category $Ci(i=1, 2, \dots, 7)$ and interval scale $Fi -> i$.

グリー順序尺度をそのまま等間隔距離尺度として取り扱っても大きな問題は生じないように思われる。

3-2. 心理的応答の比較

前節の結果を踏まえてカテゴリ順序尺度をそのまま等間隔距離尺度 ($Fi=i; i=1, 2, \dots, 7$) として捉え、全身シャワー浴の場合について湯の各設定温度毎に心

図4 心理的印象 $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ の平均値と湯の温度 θ との関係

Fig. 4 Relationship between mean value of psychological impression $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ and temperature of water θ .

理的印象の平均値を図4に示した。ただし、比較のため、局所シャワー浴実験¹⁾の結果も併せ示した。同図から、同一温度のシャワー湯温刺激に対する心理的応答は局所の場合と全身の場合とでは若干異なった傾向にあることが読み取れる。すなわち、全身シャワー湯温刺激の場合は局所シャワー湯温刺激の場合に比してより熱いと感じる傾向にある。そこで、この差異が果たして有意なものであるか否かを、湯の各設定温度 (37~45°C) 毎に AIC による分布の同一性の判定方法⁶⁾を用いて検討した。具体的には、

Model (0): 同一温度のシャワー湯温刺激に対する心理的印象 $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ の出現度数分布は局所と全身の場合で差異はない。

Model (1): 同一温度のシャワー湯温刺激に対する心理的印象 $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ の出現度数分布は局所と全身の場合で差異がある。

の下で、湯の各設定温度毎に AIC 値を計算した。その結果を表1に示した。湯の温度が45°Cの場合を除いて、湯温刺激に対する心理的応答が局所と全身の場合では異なっており、全身の場合は局所の場合に比較してより熱いと感じることが分かった (湯の温度が45°Cと高温の場合には湯温刺激に対する感じ方は局所も全身も変わらなくなるのは自然な傾向である)。さらに、図4から、平均的な心理的印象 $\langle Fi \rangle$ の湯の温

表 1 AIC 値
Tab. 1 Values of AIC.

湯の温度 (°C)	Model (0)	Model (1)
37	153.2	141.2
38	161.4	138.1
39	126.7	105.3
40	115.7	109.0
41	102.6	86.5
42	91.9	91.7
43	106.3	104.6
44	157.7	145.1
45	167.6	170.1

度に対する勾配は、全身の場合の方が局所の方よりも小さくなっている。 t 検定の結果、危険率 1% で 2 つの回帰直線の勾配の間で有意な差があると判定された。このことは、全身シャワー湯温刺激に対する心理的応答が局所シャワー湯温刺激の場合よりも敏感でないことを示している。全身および局所シャワー浴実験に共通した被験者 3 名分のデータを用いて上記と同様の検討を試みたが、上記の考察内容と矛盾する結果は得られていない（詳細については省略する）。

4. ファジィ理論に基づく心理的応答の解析

4-1. メンバシップ関数の比較

湯の温度に対する心理的印象には、評価のための言語表現や人間の主観的判断に起因する不可避免的なあいまい性が含まれている。このあいまい性を定量的に把握する一つの方法として、湯温刺激に対する人間の心理的印象 $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ に関するメンバシップ関数を設定することが考えられる。メンバシップ関数の設定結果を局所湯温刺激の場合¹⁾ と共に示したものが図 5 である。全身の場合のメンバシップ関数は局所の場合に比して全体的に湯の温度の低い方に位置している。この点を詳細に検討するため、心理的印象 $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ に関するメンバシップ関数の重心の位置を調べたものが図 6 である。この事実、同一温度の湯温刺激に対して全身の方が局所よりもより熱く感じingことを物語っている。さらに、全身の場合のメンバシップ関数の形状は局所の場合よりも全体的に裾野が広がっているように見えるがこの点に関しては次節で詳細に検討する。

(a) 全身シャワー湯温刺激
(a) Whole-body hot shower stimulus.

(b) 局所シャワー湯温刺激
(b) Local hot shower stimulus.

図 5 心理的印象 $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$ に関するメンバシップ関数

Fig. 5 Membership functions for psychological impression $Fi(i=1, 2, \dots, 7)$.

4-2. あいまい性の比較

図 5(a) のメンバシップ関数の形状は同図(b) に比べて裾野が広がっている。このことは、湯温刺激に対する心理的応答が湯の設定温度に対するあいまい性をより多く含んでいることを意味している。このあいまい性

図6 メンバシップ関数 $\mu_{Fi}(\theta)$ ($i=1, 2, \dots, 7$) に対する重心の値

Fig.6 Values of center of gravity for membership function $\mu_{Fi}(\theta)$ ($i=1, 2, \dots, 7$).

の程度を正規化ファジエントロピー⁷⁾を用いて検討した。正規化ファジエントロピーは、本研究の場合、次式によって計算されるが、この値が大きいくほどあいまい性が多く含まれていることを意味している。

$$\nu(Fi) = \frac{1}{\theta_{\max} - \theta_{\min} + 1} \sum_{\theta=\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} S(\mu_{Fi}(\theta))$$

$$(\theta_{\min}=34, \theta_{\max}=48; \theta \leq \nu(Fi) \leq 1) \quad (1)$$

ここに $S(\cdot)$ は

$$S(x) = -x \ln x - (1-x) \ln(1-x) \quad (2)$$

である。各メンバシップ関数 μ_{Fi} ($i=1, 2, \dots, 7$) に対して計算し、全身と局所の場合を比較したものが表2である。全身シャワー湯温刺激の場合の方がすべてのメンバシップ関数において局所シャワー湯温刺激の場合よりもあいまい性を多く含んでいることが定量的に判断される。

5. 結 言

局所シャワー浴実験¹⁾に続く基礎的研究として、被験者が21～23歳の男子学生の場合に限定して全身シャワー浴実験を行い、湯温刺激に対する心理的応答について局所シャワー湯温刺激の場合と比較しながら考察した。その結果、次の事項が明らかになった。

- (1) 全身湯温刺激の場合においても、局所湯温刺激の場合と同様、湯温感に関する心理的印象のカテゴリー評価尺度を近似的に等間隔距離尺度として取り扱っても大きな問題は生じない。
- (2) 全身湯温刺激の場合は、局所湯温刺激の場合に比してより熱いと感じるが、湯温感に関する心

表2 メンバシップ関数 $\mu_{Fi}(\theta)$ ($i=1, 2, \dots, 7$) に対する正規化ファジエントロピーの値

Tab.2 Values of normalized fuzzy entropy for membership function $\mu_{Fi}(\theta)$ ($i=1, 2, \dots, 7$).

メンバシップ関数 $\mu_{Fi}(\theta)$	局所	全身
$\mu_{F1}(\theta)$	0.116	0.143
$\mu_{F2}(\theta)$	0.186	0.209
$\mu_{F3}(\theta)$	0.287	0.299
$\mu_{F4}(\theta)$	0.357	0.396
$\mu_{F5}(\theta)$	0.261	0.341
$\mu_{F6}(\theta)$	0.235	0.298
$\mu_{F7}(\theta)$	0.154	0.167

理的印象の生じ方にはより多くのあいまい性を含んでいる。

特に全身シャワー湯温刺激に対する主観的判断に内在するあいまい性を考慮しながら心理的評価を系統的に取り扱おうとする考察は初期の段階にあると思われる。本研究では主として方法論に力点を置きながら考察したが、今後検討すべき課題は多く残されている。その主なものを列記すると次のようになる。

- (1) 多くの被験者による実測データを蓄積して、本研究で得られた知見をより確実なものにしておくこと。
- (2) 被験者を、本研究のように、青年層に限定するとしても、男性と女性とでは心理的応答に差異が生じるか否かを検討すること。
- (3) 湯温刺激に対する心理的応答が室温によってどのように変化するかを考察すること。
- (4) 本研究のような短時間の湯温刺激による知覚・感覚レベルに属する湯温感と長時間のシャワー湯温刺激全体を通して受ける情緒レベルでの快適感との間の関連性を調べること。

最後に、本研究で多大の援助を戴いた山田祐二、井上武法、漆崎一平、戎本潤の諸氏をはじめ、日本人間工学会講演会^{8,9)}において有益な御討論を戴いた関係各位に深謝の意を表する。なお、本研究は平成10年度に山口県工業技術センターからの受託研究によって行われたものである。

参考文献

- 1) 山口静馬, 佐伯徹郎, 中村 誠, 藤井謙治: 局所シャワー湯温刺激に対する心理的印象の基礎研究, 人間工学, 35, 295～302, 1999.
- 2) 村川三郎, 西名大作, 井上和博: シャワー浴のための設備設計条件に関する研究(第2報), 空気調和・衛生工学会論文集, 58, 119～132, 1995.

- 3) 中村 誠, 藤井謙治, 木村悦博, 山口静馬, 佐伯徹郎: 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1報)実験用システムと基礎実験, 人間工学, 35, 303~311, 1999.
- 4) Teichner, W. H.: Assessment of mean body surface temperature, J. Appl. Physiol., 12, 169~176, 1958.
- 5) 難波精一郎, 桑野園子: 音の評価のための心理学的測定法, 72~86, コロナ社, 東京, 1998.
- 6) 坂元慶行, 石黒真木夫, 北川源四郎: 情報量統計学, 65~91, 共立出版, 東京, 1984.
- 7) 水本雅晴: ファジィ理論とその応用, 106~122, サイエンス社, 東京, 1991.
- 8) 佐伯徹郎, 山口静馬, 中村 誠, 藤井謙治: 全身シャワー湯温刺激に対する心理的応答のあいまいさ一局所湯温刺激の場合との比較一, 日本人間工学会第40回大会講演集, 458~459, 1999.
- 9) 山田祐二, 佐伯徹郎, 山口静馬, 中村 誠, 藤井謙治: 全身シャワー湯温刺激に対する心理的応答のあいまいさ一局所湯温刺激の場合との比較一, 日本人間工学会中国・四国支部第32回大会予稿集, 32~33, 1999.