

湿度感覚と繊維素材の吸水性に関する研究

福山市立女子 潮 田 ひとみ
短期大学

The Influence of Water Absorption Characteristics of Clothing Materials for Human Humid Sense

by

Hitomi Ushioda

Fukuyama City Junior College for Women

ABSTRACT

Water absorption and dryness characteristics of cotton fabrics were measured.

Using these measured values, sensory test on soaking by six female subjects was evaluated with prepared five kinds of moist or wet cotton fabrics at seven spots on the body.

Regression equations were calculated the value of sensory evaluation on soaking and the weight of moist or wet fabrics.

The results are summarized as follows;

- 1) Each spot on the body has the different intensity of soaking sensation.
- 2) Hand has the highest intensity of soaking sensation.
- 3) At lower air temperature experimental condition the value of soaking sensation has increased.

要 旨

夏期に使用することの多い衣服用素材である綿ブロードを用いて、試料の吸水性能、乾燥性能お

よび各含水段階に調整した円形試料の各感覚に関する官能検査を行った。

乾燥性能から各含水度を設定し、5段階の吸水・吸湿度に調整した綿布を、身体の7部位にお

のおの接触させた場合のぬれ感覚を測定し、試料重量とぬれ感覚との回帰式を算出した。その結果、人間は含水度の違いによる皮膚のぬれをほぼ認識することができるが、部位によってぬれ感覚の強度が異なり、身体7部位において、手がかもともぬれを感知しやすい部位であることがわかった。また、同じ含水度の試料でも、環境温度の違いによってぬれ感覚を認識する強度は異なり、高温環境よりも低温環境において、より強くぬれ感覚を認知することがわかった。

緒 言

夏の暑い時期や、スポーツ終了時に生じる不快感、主として発汗によって衣服、環境との間に生じる、むれやぬれといった湿度感覚によると考えられる。

ゴキブリ、ミツバチ、バッタ、ナナフシなどの一部の昆虫の触覚には、湿度受容器があり、相対湿度計に相当する機構で湿度受容を行っていると考えられており、温度条件を変えても相対湿度が同じであれば、応答も同じであることが知られている。

一方、人間の感覚には視覚、聴覚、嗅覚、味覚、皮膚感覚の5つがあり、皮膚感覚受容ユニットは、①皮膚への機械的刺激に応答する機械的受容ユニット②温冷刺激に応答する温熱受容ユニット③機械的刺激・温冷刺激に応答するポリモーダル受容ユニット④皮膚を刺す、切るといった刺激に応答する侵害受容ユニットに分類できる¹⁾。

温度感覚や、接触感覚、湿度感覚などは皮膚感覚に関係していると考えられる。温度感覚には温熱受容ユニット、ポリモーダル受容ユニット、侵害受容ユニットの各ユニットが関与しており、温受容器、冷受容器、侵害受容器のインパルス頻度と皮膚温との関係が明らかになっている²⁾。また、接触感覚には、①～④のすべての受容ユニットが関与しているが、とくに、機械的受容ユニットが

強く関与すると考えられ、このユニットは、刺激に対する順応特性および受容の大小により4種類に分類できる。

しかし、ぬれ感、むれ感、べとつき感といった湿度感覚は、対応する受容ユニットがいまだに解明されていないことが原田によっても確認されている³⁾。ぬれ感、むれ感、べとつき感は、鈴木により概念が表されており⁴⁾、また、むれを安静時と発汗終了時との相対湿度によってむれ指数を定義し、布の諸物性値から表示する方法も試みられているが、必ずしも成功していないように見受けられる⁵⁾。

著者は、従来からこの湿度感覚に関心を持ち、人間を中心とした方向から、湿度感覚が生じる機構を探ってきた。その結果、人間の湿度感覚に影響を与える因子は、環境や皮膚表面の温湿度はもちろんのこと、その変化速度も重要であることがわかってきた⁶⁻⁹⁾。

人間にとって最も近距離の環境である衣服用繊維素材は、その素材や織り構造などにより異なる吸水、吸湿性を持ち、この性質の違いが皮膚の温湿度やその変化速度に影響を与えることは明らかである。

そこで、湿度感覚の中から、今回はぬれ感に焦点を当て、繊維素材の吸水度の違いによって、ぬれ感覚はどのように異なるのか、さらに人間の身体各部位で、そのぬれ感覚の強度は異なるのか、の2点を解明するために、以下に示す試料の吸水・乾燥性の測定、および被験者によるぬれ感官能検査実験の2系統の測定を行ったので報告する。

1. 実 験

1.1 吸水および乾燥性能の測定

1.1.1 試料

試料には、主として夏季に着用されることの多い綿ブロード40/1(関西衣生活研究会)を用い

た。試料は熱湯にて煮沸、糊抜きした後、裁断し、測定に用いた。試料の諸元を表1に示す。

表1 試料布の諸元

試料	織構造	厚さ(mm)	糸密度(本/cm)	
			たて	よこ
綿ブロード40/1	平織	0.308	53.7	29.0

1.1.2 実験環境

測定環境を環境温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $55 \pm 5\%$ に調整し、測定器具、蒸留水、試料は同環境中に一晩以上放置した後に測定に用いた。

1.1.3 吸水性測定

衣服着用時の汗の吸収を想定した吸水性能に近い測定法としてラローズ法、汗がぬれ広がる状態（ウィッキング）を想定した測定法のバイレック法・滴下法の3種類の方法を用いて吸水性を測定した。

バイレック法は、垂直方向の毛管現象による吸水性を、一定時間後に各衣服材料を上昇した水の高さから判断する方法であり、滴下法は、表面のぬれやすさと水平方向の毛管現象による吸水を、吸水量の目安とするために、一定量の水が、試料布上をぬれ広がる時間を測定する方法である。さらにラローズ法は、荷重をかけた状態での水平方向の毛管現象による吸水を測定する方法である。

これらの吸水性測定法のほかにも、最近では、改良ラローズ法、圧力センサ法¹⁰⁾、ラローズ法の測定部にレーザー走査マイクロメーターを使用することにより、高吸水性繊維製品の吸水性を自動的に評価する方法¹¹⁾などが提案されているが、今回は簡便な3種類の方法を用いた。

バイレック法および滴下法は、JISの測定法にのっとり、吸水装置を自作し、ラローズ法には、ラローズ法吸水性測定装置（TL-01型 東洋紡エンジニアリング株式会社）を用いた。

さらに、測定時には、着用感覚において初期の吸水量が重要であることを重視し、バイレック

法、ラローズ法では、吸水初期として、5, 10, 15, 20, 25, 30秒のおおのの時刻においても吸水量を測定した。その後、1, 2, 3, 5, 7, 10分においても吸水量を測定した。バイレック法では吸水高さ(cm)、滴下法は吸水時間(sec)、ラローズ法では吸水量(ml)をおおのの測定した。それぞれの測定法において、5回ずつの測定を行った。

1.1.4 乾燥性

試料の最大吸水量と吸湿性能（限界水分率）を知るために、乾燥実験を行った。一昼夜以上純水中に浸した試料（ $20 \times 20\text{ cm}$ ）を、表面の水気をざっとふき取った後に、電子天びんに吊るし、塩化カルシウムをセットしたアクリルケース内で2分ごとに重量を測定した。絶乾重量に達するまで試料を放置し、これを3回繰り返した。

1.1.5 測定結果

1) 吸水性

バイレック法、ラローズ法の10分後の最大吸水量、滴下法の吸水時間の平均値を表2に、各時刻での吸水高さおよび吸水量を図1、2に示す。

表2 吸水性測定結果

ラローズ (ml)	バイレック (cm)	滴下 (sec)
0.30	6.12	4.03

ラローズ法では初期の吸水速度が大きく、すぐに定常値に達するが（図2）、バイレック法では、ラローズ法と比べ、ゆっくりと吸水（ウィッキング）が起こっていることがわかる（図1）。芳住らによる、各濃度で家庭用柔軟処理剤を施した綿タオルの吸水性を測定した報告では、ラローズ法による吸水性とバイレック法による吸水性測定結果を定量的に比較することは困難であるとしながらも、おおのの吸水量の大小の序列は一致したとしている¹²⁾。

2) 乾燥性

測定した含水試料重量の2分ごとの重量の変化

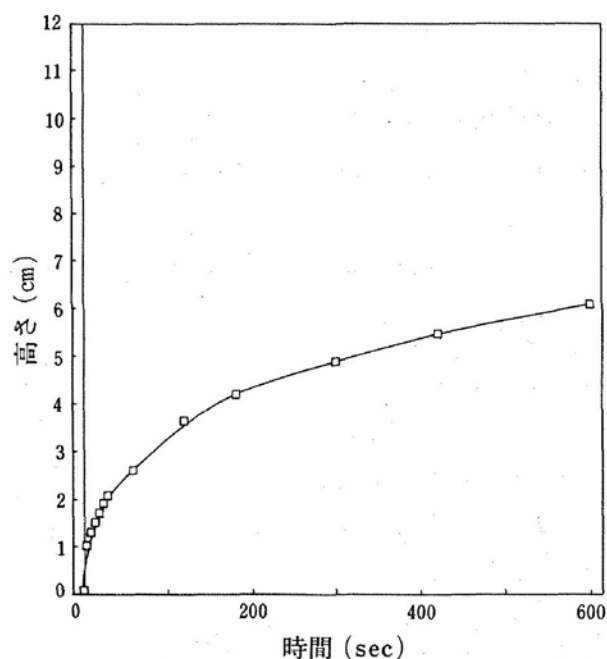


図1 バイレック法による綿ブロードの吸水性

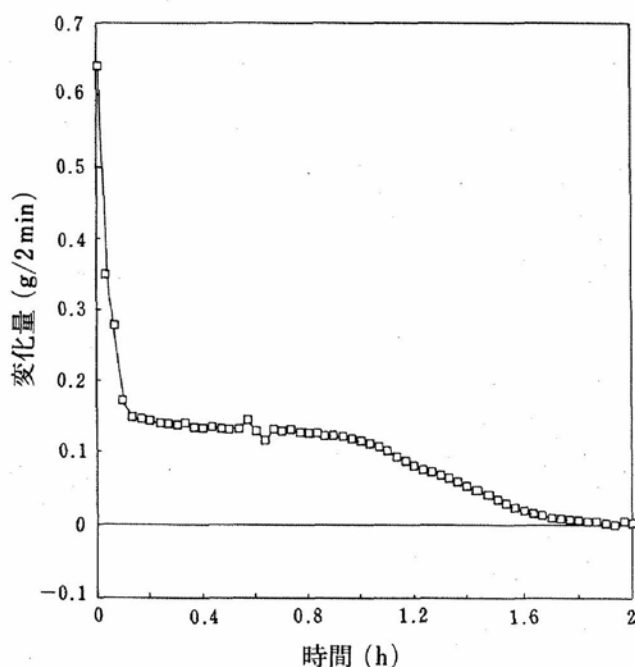


図3 綿ブロードの乾燥速度 (g/ 2 min)

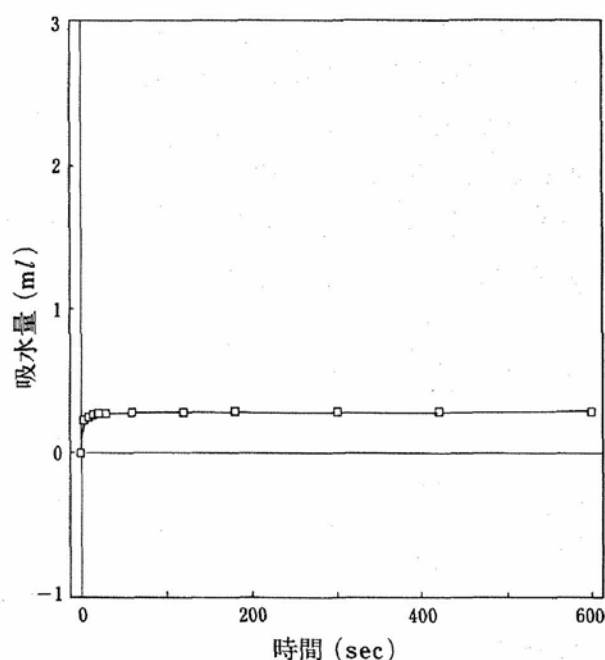


図2 ラローズ法による綿ブロードの吸水性

量を図3に示す。

測定初期では試料上に過剰に存在している液滴の水が、滴り落ちるために重量変化量が大きいですが、15分以降はほぼ一定速度で乾燥し（恒率乾燥期）、約1時間付近に変極点がみられ、減率乾燥期

にはいると考えられる。綿ブロードにおいては、この乾燥状態において限界水分率に達したと考えられる。

Scheurellらは、布地の表面ぬれを塩化コバルトの色の変化によって評価し、衣服の着用快適感を動的にとらえることができることを報告しているが¹³⁾、この塩化コバルトの色の変化で判断できる程度のぬれは、限界水分率近辺のぬれ状態（飽和吸湿）に相当するものであると考えられる。

1.1.6 試料の吸水度の設定

以上の測定結果に基づき、ぬれ感官能検査に用いる円形試料（直径6 cm）の含水重量を、絶乾状態、限界水分率、飽和吸水量、限界水分率と飽和吸水量を3等分する各含水重量の5段階に設定し、官能検査に用いた。

1.2 ぬれ感官能検査

1.2.1 試料

実験1で測定した、乾燥性の乾燥速度から設定した5段階の含水度を持つ試料を用いた。絶乾試料は、五酸化リンデシケータ中に保存し、実験直

前にデシケータから取り出し、官能検査に用いた。また、限界水分率近辺の試料を作成するために、塩化カリウム飽和水溶液デシケータ中（20℃で相対湿度 85%）に保存し吸湿させた。その他の含水試料は、純水中に浸した試料をドライヤーで適時乾燥させて重量調整したのち、チャック付きビニール袋に入れて密閉保存し、一昼夜以上室温で保管し測定に用いた。

1.2.2 実験環境

測定環境を環境温度 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $55 \pm 5\%$ に調整し、測定器具、蒸留水、試料は同環境中に一晩以上放置した後に測定に用いた。また、ぬれ感覚の比較のために、吸水実験と同様の環境（20℃）においても官能検査を行った。

1.2.3 被験者

被験者には、健康な 19～20 歳の女子 7 名を用いた。実験に際し、同一の襟ぐりを大きく切った綿製長そでニットシャツ、綿製ショートパンツを着用させた。環境温度 20℃ においても同様の衣服を着用させた。

1.2.4 測定

実験室入室後、実験用衣服に着替え、1 時間以

上経過した被験者の額、胸、手、大腿、足の 5 ヶ所にサーミスタを貼付しておき、測定開始後、まず、椅子に座った状態で安静にさせ、測定開始 5 分で表 3 に示す、全身に関する感覚アンケートに記入させた。アンケート記入 5 分後に、五酸化リンデシケータから取り出した直径 6 cm の円形試料（絶乾綿布に相当する）を被験者の額に貼付し、布の 2 隅をピンセットで軽く押して、皮膚と布とを密着させた。試料をおいてすぐ、被験者に表 4 に示したアンケートに記入させた。アンケート用紙（表 4）にある各部位のぬれ感覚、温冷感覚、圧迫感覚、材質感覚スケール上の語彙に相当する線上の位置に鉛筆で横線を引かせ、アンケートはすべての項目について 30 秒以内に記入させた。

30 秒間試料を貼付した後、試料を取り去り、30 秒後、うなじに絶乾試料を同様に貼付した。さらに 30 秒間試料を貼付し、アンケートに記入させた後、30 秒間安静にさせることを繰り返した。額、うなじ、胸、背中、手、大腿、足の順に試料を貼付した。おのこの部位で、第 1 回目の貼付は絶乾綿布であることを被験者に知らせた後に、絶乾綿布を用いて行った。5 段階の含水量に調整

表 3 感覚のカテゴリースケール（全体）

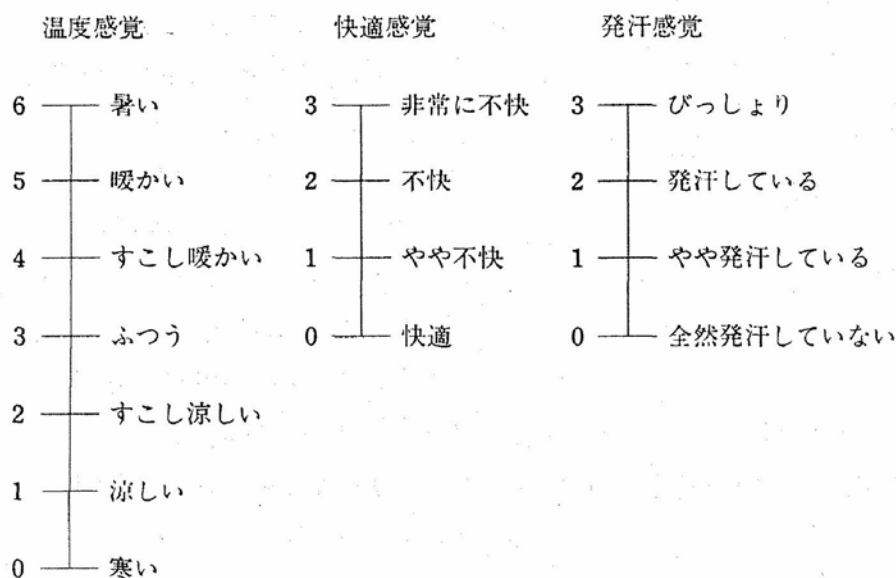


表4 感覚のカテゴリースケール (部位)

ぬれ感覚	温冷感覚	圧迫感覚	材質感覚
4 — 乾いている	6 — 非常に温かい	6 — 非常に圧迫感がない	6 — 非常につるつるしている
3 — 湿っている	5 — 温かい	5 — 圧迫感がない	5 — つるつるしている
2 — 少しぬれている	4 — やや温かい	4 — やや圧迫感がない	4 — ややつるつるしている
1 — かなりぬれている	3 — どちらともいえない	3 — どちらともいえない	3 — さらさらしている
0 — びしょり	2 — やや冷たい	2 — やや圧迫感がある	2 — ややざらざらしている
	1 — 冷たい	1 — 圧迫感がある	1 — ざらざらしている
	0 — 非常に冷たい	0 — 非常に圧迫感がある	0 — 非常にざらざらしている

した試料布をそれぞれ2回ずつ用い、身体7部位で5段階×2回×7部位の70回の試料の貼付、官能検査を行った。すべての官能検査が終了した5分後に、開始時と同様のアンケートに記入させ、85分ですべての測定を終了した。各部位の皮膚温は1分ごとに測定した。各被験者とも、各環境温度で1回ずつ測定を行った。感覚官能値は表3, 4のアンケート各項目の0から記入した線までの距離を、定規で0.1 mmまで測って数値化した。

2. 結果・考察

各環境、各被験者で測定した温度感覚、快適感覚、発汗状態の平均値を図4に示す。官能値の数字は、表3の語彙におのおの相当する。温度感覚、快適感覚で環境による差が大きく、実験開始時、終了時ともに27℃ではやや暖かく、あまり不快ではない状態であったのに対し、20℃では寒く、実験終了時にはかなり高い不快感に達していた。

さらに、湿度感覚をどの程度正確に認知することができるかを知るために、額のぬれ感官能値をたて軸、試料の重量をよこ軸としてプロットすると、図5のようになった。試料重量の増加は、含

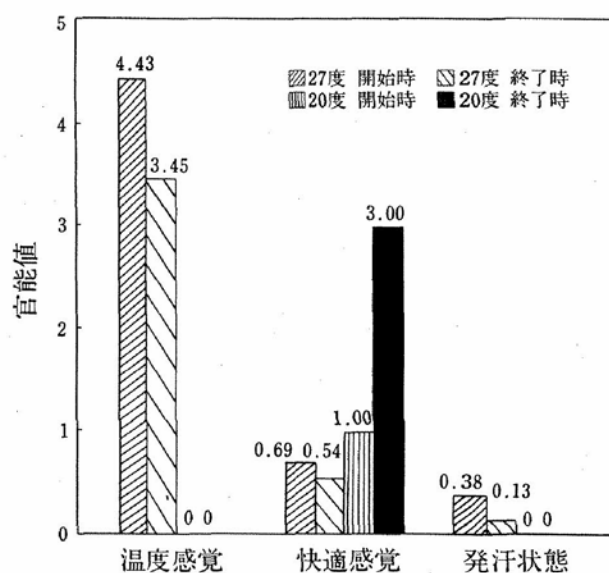


図4 全身の感覚官能値

水によるものであるため、重量が増加するのに伴い、ぬれ感が増加すること、液体の水ではなく気体として飽和に吸湿していると考えられる限界水分率近辺においてもぬれ感が増加しており、平均するとほぼ右下がりの直線として近似できると考えられる(図6～8)。そこで、含水布重量とぬれ感とを布重量をx、ぬれ感をyとして $y=ax+b$ の式で表すことを考え、各温度、各部位において

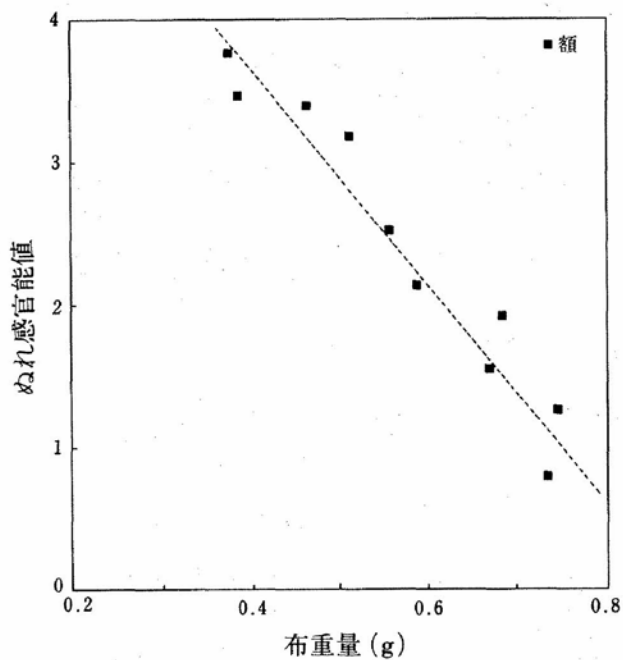


図5 額のぬれ感官能値と布重量 (27℃)

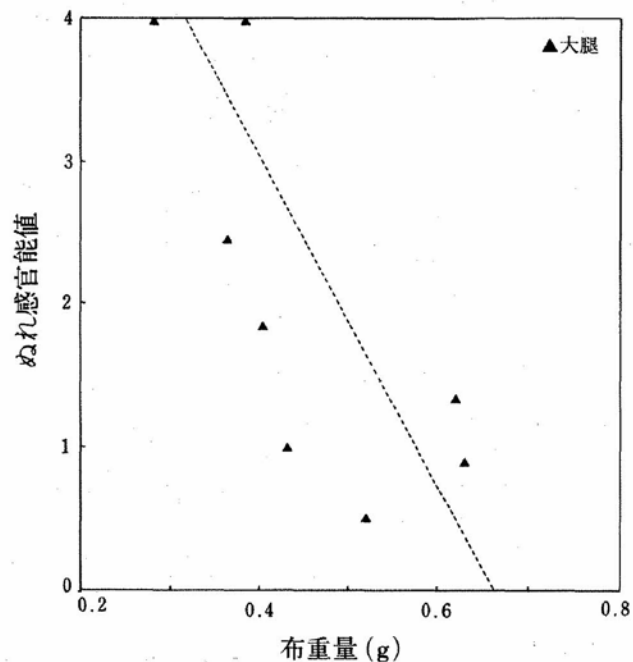


図7 大腿のぬれ感官能値と布重量 (20℃)

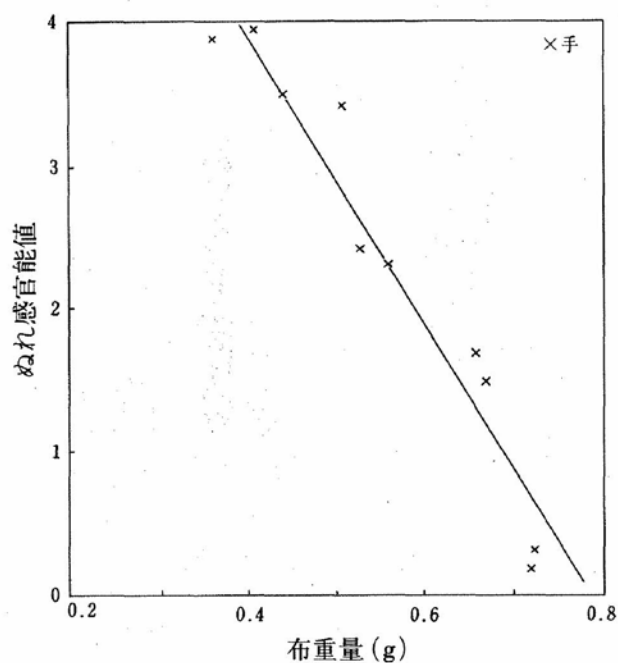


図6 手のぬれ感官能値と布重量 (27℃)

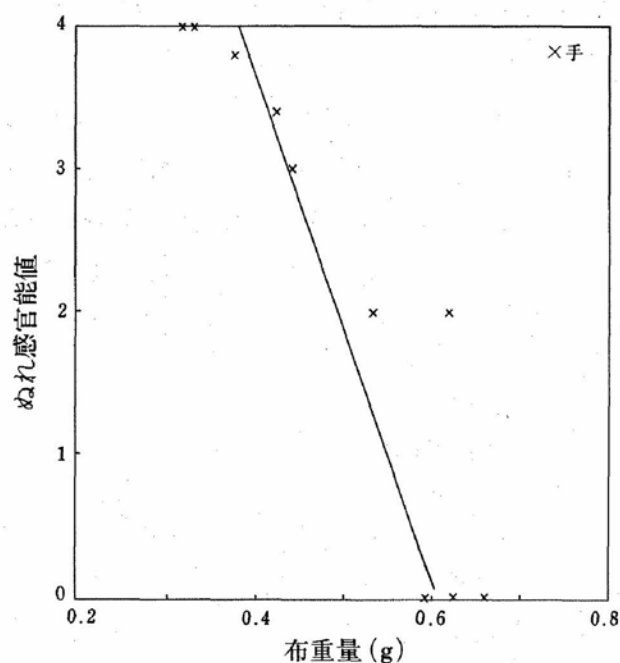


図8 手のぬれ感官能値と布重量 (20℃)

表5, 6に示す回帰式を算出した。

環境温度 27℃では、どの部位においても回帰係数が0.9以上と高い値を示した。試料重量の増加に伴い、被験者がよりぬれていると認知する場合には、より負の勾配が大きくなると考えられる

ため、身体7部位を比較した場合には、手においてももっともぬれ感を感知しやすいことが明らかになった。部位で比較した場合には、手でもっとも負の勾配を持ち、ついで身幹部(胸、大腿、背中)、末端部(足、額、うなじ)の順に勾配が小さくなっ

表5 めれ感覚と試料重量の各部位ごとの
回帰式と係数 (27°C)

部位	Y切片	傾き	回帰係数
顔	6.556	-7.263	0.968
うなじ	6.671	-7.860	0.942
胸	7.762	-9.917	0.958
背中	7.181	-9.091	0.968
手	8.004	-10.21	0.965
大腿	7.318	-9.380	0.980
足	6.969	-8.640	0.910

表7 各部位めれ感の温冷感と圧迫感による重回帰式
(27°C)

	温冷感係数	圧迫感係数	切片	回帰係数
額	0.669	0.654	-1.152	0.970
うなじ	0.780	0.465	-0.942	0.994
胸	0.788	0.314	-0.423	0.990
背	0.966	0.314	-0.796	0.994
手	0.765	0.546	-1.141	0.982
大腿	0.912	0.339	-0.684	0.978
足	0.846	0.321	-0.712	0.974

表6 めれ感覚と試料重量の各部位ごとの
回帰式と係数 (20°C)

部位	Y切片	傾き	回帰係数
額	7.354	-10.02	0.926
うなじ	7.134	-9.889	0.961
胸	7.232	-10.28	0.935
背中	7.394	-11.16	0.927
手	8.165	-12.09	0.929
大腿	5.808	-8.405	0.839
足	6.385	-7.911	0.834

表8 各部位めれ感の温冷感と圧迫感による重回帰式
(20°C)

	温冷感係数	圧迫感係数	切片	回帰係数
額	0.627	0.035	0.503	0.869
うなじ	0.531	0.160	0.953	0.796
胸	-0.149	1.015	-0.647	0.936
背	0.240	0.529	-0.111	0.855
手	0.237	0.643	-0.799	0.958
大腿	0.568	0.221	-0.185	0.692
足	0.604	-0.117	1.008	0.709

た(表5). 環境温度 20°C では, 環境温度 27°C と比較して, うなじ以外の部位ですべて回帰係数が減少し, 勾配が負に増加した(表6). 27°C と同様に, 手でもっとも負の勾配を持ち, 胸, 背中, 額, うなじの順に勾配が小さくなったが, 大腿, 足の勾配は 27°C よりも減少した. さらに, 大腿, 足においてとくに回帰係数が低く, 勾配の減少と回帰係数の低下は, 末梢部の冷えによって感覚が鈍くなったためと考えられる.

温度感覚を部位によって比較した文献はいくつか見受けられ^{14,15)}, 胸部, 腹部, 大腿部, 下腿部の順に感受性が低くなることが知られている. 今回測定しためれ感覚では, 測定方法や測定部位が必ずしも一致するものではないが, 27°C においては, Nadel らの報告と同様に胸部, 大腿部, 足部の順に感受性が低くなることが確認できた¹⁴⁾.

めれ感覚の部位差と温点・冷点の分布数²⁾とは,

冷点の分布量の多い部位において, ややめれ感覚が大きいように見受けられるが, 必ずしも分布数の大小によって生じるものではなく, めれ感覚を温冷感覚だけで説明することは困難であると考えられる.

著者らは, 従来からめれ感覚を, 温冷感覚と圧迫感覚とから表示すると, めれ感覚をより簡便に表すことができることを確認し⁷⁾, 圧迫度を変えることによってめれ感覚が変化すること⁹⁾を確認してきた. 今回, 同様に得られためれ感覚を, 温冷感覚と圧迫感覚とで表示することにより, 環境温度が変わることによる皮膚の温冷感覚の変化が, めれ感覚に与える影響を知ることができると考え, めれ感覚を温冷感覚と圧迫感覚の重回帰式で表示した場合の各係数を表7, 8に示した.

環境温度 27°C では, めれ感を試料重量のみで表すよりも, 温冷感覚と圧迫感覚による重回帰式

を用いて表わす場合に、ほぼ同等か、より高い重回帰係数を示した(表7)。20℃では、温冷感覚・圧迫感覚による重回帰係数は、手・胸以外の部位で減少したが、手・胸では試料重量による回帰式よりも重回帰係数が高かった(表8)。

さらに、27℃と20℃で重回帰式を比較すると、どの部位においても、温冷感覚の係数は20℃と27℃では27℃の係数が大きく、圧迫感覚は手、胸、背といった身幹部では27℃で係数が小さく、その他の部位では27℃で20℃より係数が大きくなった。

ぬれ感官能値と語彙の関係は、官能値0がもっともぬれている、4がもっとも乾燥しているに相当するため(表4)、官能値が小さいほどよりぬれていることを示し、温冷・圧迫感覚も0に近づくほど冷たく、圧迫度が強くなるため、重回帰式から得られた温冷感覚や圧迫感覚の係数が小さいほど、ぬれ感覚は0に近づき、よりぬれていることを示すことになる。

温冷感覚係数を20℃と27℃で比較した場合、その係数が20℃でより小さいということは、同じ温冷感覚を得た場合には、ぬれ感が20℃でより小さくなること、よりぬれていると感じることを示すものである。

圧迫感覚は、手、胸、背中では同じ圧迫感の場合には、20℃よりも27℃でよりぬれており、その他の部位では、この逆を示すことがわかった。この差が生じた理由は、大腿、足といった末端部に存在する圧迫感を認知する感覚受容器の反応が、20℃の低温中に暴露されることによって鈍くなったためと考えられる。

以上より、人間は、繊維素材の吸水性の違いによるぬれ感覚を各部位において、ほぼ吸湿・吸水量に比例した状態で認知することができるが、その感覚強度は部位によって異なり、今回測定した額、うなじ、胸、背、手、大腿、足の7部位においては、手においてもっとも感受性が高く、繊維

素材の吸湿・吸水量の違いによるぬれ感の違いを、強く認知することができることが確認できた。

さらに、ぬれ感覚を温冷感覚と圧迫感覚の重回帰式で表わすことにより、同じ温冷感覚を得た場合には、環境温度が低い場合に、よりぬれ感覚が大きくなることがわかった。

今回は、綿ブロードを試料として用いたが、綿ブロード以外の試料において同様に、ぬれ感覚と繊維の吸湿・吸水量との関係を官能検査を用いて測定し、解析することは生理学的にも、さらに新素材の開発の点からも非常に有用であると考えられる。

謝 辞

本研究に対して研究助成を賜った、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深謝いたします。また、本実験にご協力いただいた被験者諸姉に深謝いたします。

文 献

- 1) 赤松幹之; 触れてみること—触運動と皮膚感覚, 繊維消誌, 33 (9), 459-464 (1992)
- 2) 中山昭雄編; 温熱生理学, 理工学社, pp 217-223 (1981)
- 3) 原田隆司; 温冷感・湿潤感と衣服素材, 繊維機械学会誌(繊維工学), 45, p 199-206 (1992)
- 4) 鈴木 淳; ぬれと着ごこち, 繊維消誌, 18 (5), 166-169 (1977)
- 5) 松本義隆, 富沢 勉, 中西源次, 杉浦由季恵, 中村清光, 久保昌彦, 江守孝三, 田中 光; 布の物理的特性から着用時の快適性(むれ)を客観的に評価する方法の研究, 石川県工業試験場研究報告, 40, 23-31 (1992)
- 6) 中島利誠, 青木敦子, 潮田ひとみ; ぬれ感, むれ感の評価方法, 第12回繊維連合研究発表会講演予稿集, 67-68 (1990)
- 7) 中島利誠, 潮田ひとみ, 仲西 正, 村上明子, 駒城素子; ぬれ感覚の一表示法, 日本学術振興会繊維・高分子機能加工第120委員会年次報告, 42, 60-63 (1991)
- 8) 潮田ひとみ; 皮膚刺激と湿潤感・清涼感, 日本繊維製品消費科学会快適性を考えるシンポジウム(第8回)報告書, 23-28 (1992)

- 9) 潮田ひとみ, 中島利誠; 湿度感覚に及ぼす圧迫感の影響, 日本繊維製品消費科学会 1993 年年次大会研究発表要旨, 86-87 (1993)
- 10) 米田守宏, 丹羽雅子; 圧力センサ法による布面に垂直な吸水の測定とその解析, 織学誌, 49, 243-253 (1993)
- 11) 勢田二郎; 布の吸水性評価におけるレーザー走査マイクロメーターの応用, 日本学政学会誌, 44, 499-503 (1993)
- 12) 芳住邦雄, 原田恭子, 小林有紀子, 会田美穂, 永山升三, 山口庸子; 家庭用柔軟剤処理による綿パイル地の吸水特性の変化, 織学誌, 49 (8), 448-451 (1993)
- 13) D. M. Scheurell, S. M. Spivak, N. R. S. Hollies; Dynamic Surface Wetness of Fabrics in Relation to Clothing Comfort, *Textile Res. J.*, 55, 394-399 (1985)
- 14) E. R. Nadel, J. W. Mitchell, J. A. J. Stolwijk; Differential thermal sensitivity in the human skin, *Pflügers Arch.*, 340, 71-76 (1973)
- 15) 森岡 亮, 勝浦哲夫, 岡田 明, 菊池安行; 部位による温度感覚, 快適感覚の違いについて, *Annals Physiol. Anthropol.*, 3, 247-250 (1984)