

被服内気候の快適性に関する多変量的解析

京都工芸繊維大学 内山 生

(共同研究者) 同 土田 和義

1. 緒 言

被服、寝具類の快適性は、繊維製品設計を決定する重要な一要因である。人間の感情の本質は快、不快であり、この快適性は、「非常に快適」から「非常に不快」まで一方向の変化をし¹⁾ 図1に示したような要因から形成されているものと思われる。

すなわち、環境条件、人体の活動状態、被服、布の性質などの物理量として扱いうる因子と、被服の色、柄、個人の嗜好、性格、ファッション感覚などの物理量としては表しえない因子とが、用

途別に個々人の過去の経験、イメージ、先入感、ライフスタイルによるフィルターにかけられ、快適性が形成されているものと思われる。

従来、快適性に関する研究は数多く見られる。被服の運動機能性、被服による人体拘束性に関しては Ibrahim²⁾, Kirk³⁾ らによって、風合いに関しては Howarth⁴⁾, 松尾⁵⁾ らの因子分析による解析、川端、丹羽ら⁶⁾ の風合いを力学的特性で捕らえる手法などにより、かなりの解明がなされている。

しかしながら、快適性を形成する主要な部分を占めていると思われる水分、熱のトランスポート

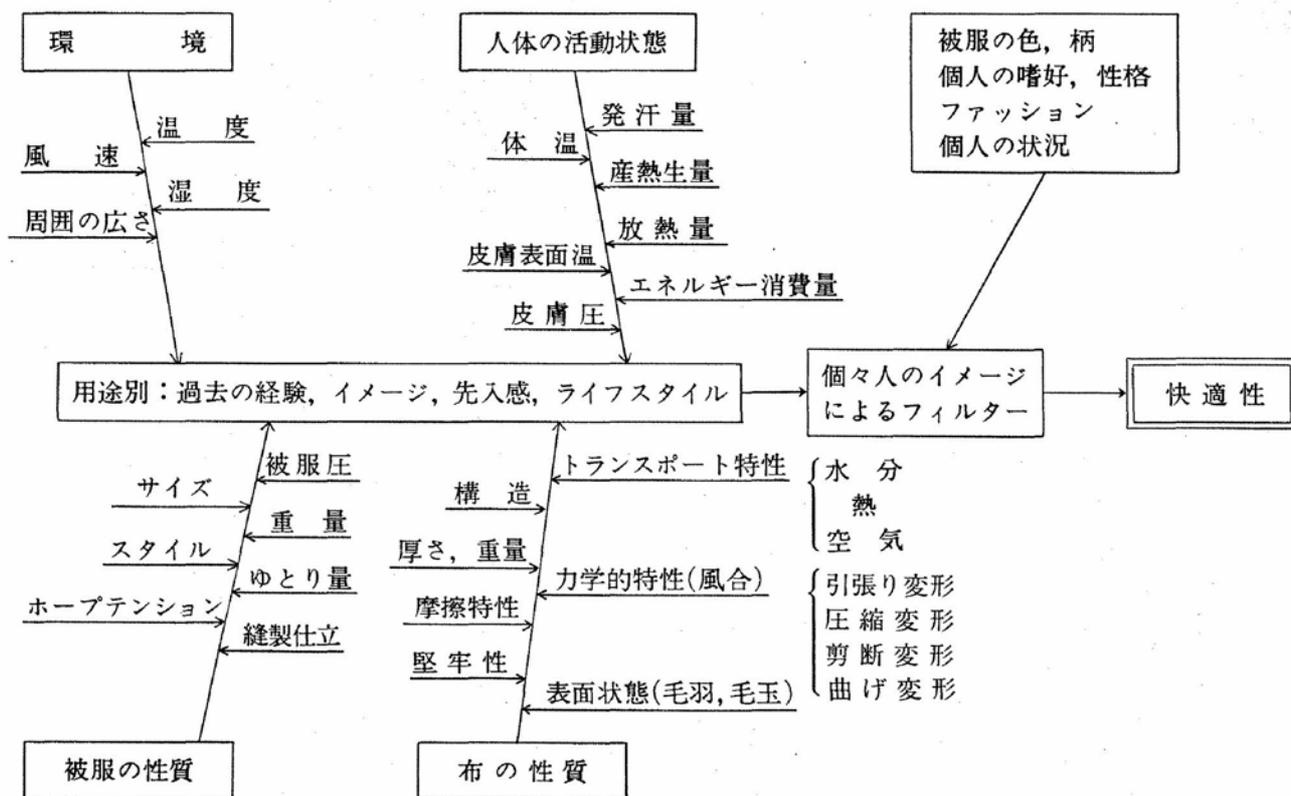


図1 快適性の要因図

特性に関する研究は、衣服内気候測定法を検討したものの^{7,8)}、快適性と生体要因、衣服内気候要因との関連性を検討したものの^{9~11)}、保温性、熱伝導率、熱流量¹²⁾、熱遮断能¹³⁾、吸放湿性^{14,15)}、透湿性、吸水性などの一つの特性を個々に取りあげ、定常状態の特性を検討したものなど数多く見られるが、これらはいずれも快適性を総合的に把握したものとは言い難い。

本研究は、物理量として扱おうる要素としての吸放湿、透湿、吸水、保温などの水分、熱のトランスポート特性に関する因子を、環境条件、人体の活動条件下で総合的に関連づけて解析することを目的とする。最終的には、快適性の観点から、素材、布構造、被服造形のあるべき姿、用途別に最適なテキスタイルデザインを提案することを目標としている。

本研究では、快適性の内容を明らかにするため、ビジネスソックスを用いて行った着用試験の結果と、各種素材の吸放湿性、保温性、吸水性などの物理特性を明らかにし、これらの物理量を多変量説明変数、着用試験の結果得られた官能量としての快適性を目的関数とするときの多変量解析の結果を報告する。

2. 結果と考察

1) 試料

市販ソックスを試料とし、異なる試料を左右の足に同時に着用する同時対比較法で検討するため、表1に示したウール、綿、ナイロン、吸汗性ナイロン、絹およびポリエステル/綿混紡を素材とした秋冬物を主体とするビジネスソックスをメーカー、スーパー、百貨店から収集し試料として用いた。

2) 着用試験

被験者は、繊維工学専攻の男子学生3名で、対比較をするために、被験者に左右別々の試料を着用させ(試料8種類で28通りの組合せ)、9月~11月の期間、温度24~30°C、湿度65~80% R.H.の温湿度条件下の実験室内で軽作業を1時間行わせ、図1に示した快適性要因から絞った湿潤感、むれ感、温感、触感および、これらを総合した快適性についての主観的評価を、着用後20分ごとにアンケート形式で行った。

アンケート調査方法は、表2に示したように、SD法により反対語義を持った官能用語を並べ、右足は左足に比べてどうかと問う形をとった。こ

表1 試料

試料記号	素 材	組 織	重 量 (g/m ²)	厚さ (mm) 圧力 7g/cm ²	バルキー性 (cm ³ /g)	糸直径(mm) 糸の種類
A	ウール	平	202	1.36	6.7	0.46 紡績糸
B	ウール	平	194	1.26	6.5	0.38 紡績糸
C	綿	平	117	0.62	5.3	0.30 紡績糸
D	ナイロン	平	60	0.19	3.2	0.21 フィラメント
E	ナイロン	あぜ	173	2.70	15.6	0.66 フィラメント
F	吸汗ナイロン	平	47	0.21	4.5	0.17 フィラメント
G	絹	平	119	0.41	3.4	0.40 連続糸
H	ポリエステル/ウール70/30 うらナイロン	平	179	1.05	5.9	0.32 紡績糸

これらの官能測定による被験者の評価に、官能用語の右側に評価した場合は+1点、どちらとも言えない場合は0点、左側に評価した場合は-1点を与え、Schefféの変形の方法によって尺度化を行った。なお、予備実験の結果と亀井、豊田らの知見¹⁶⁾から、左右で感覚差がないものとして検討を進めた。また、快適性に関連する物理的因子として、着用前後のソックスの重量(着用後ソックスに残留した汗重量)を測定した。

結果の一部を図2に示す。

表3は、着用60分後の各官能因子の相関係数であるが、この相関関係と図2の結果とから、湿潤感、むれ感、温熱感(暑ぐるしさ)および、ソフト感、フィット感で表される接触感とは互いに相関が高く、着用経過時間ごとに、ほぼ同様に変化することがわかった。

表2 着用感の評価方法
(アンケート調査用紙の一部)

“右は左に比べて”該当する箇所に○印をつけて下さい。

60分後	
ど ち ら も い え な い	
じめじめした	からっとした
冷たい	暖かい
むれる	むれない
硬い	柔らかい
重い	軽い
厚い	薄い
ざらざらした	なめらかな
暑くるしい	さわやかな
フィットしない	フィットする
不快である	快適である

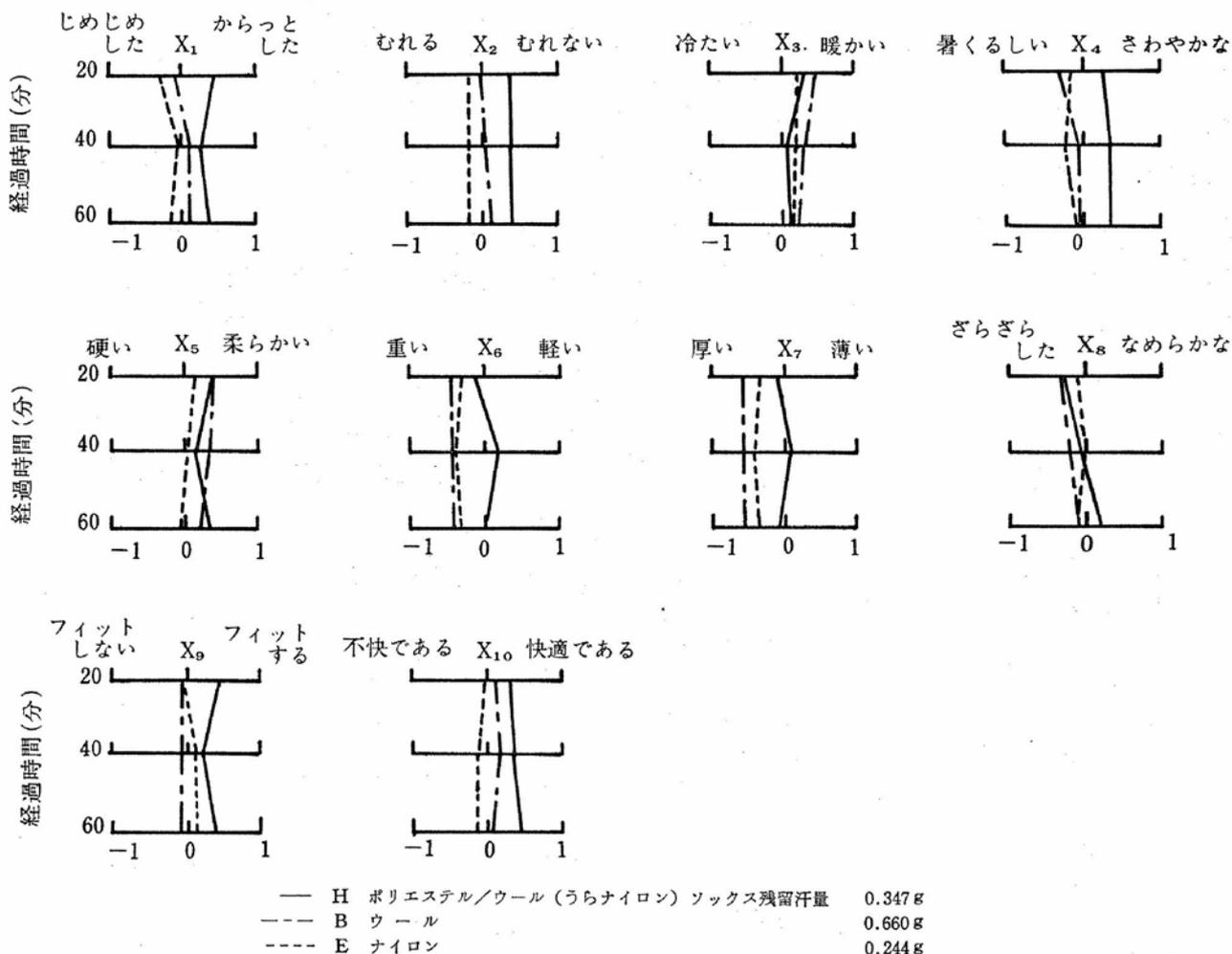


図2 着用感の評価結果

表3 各官能因子の相関係数 (着用60分後)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
X ₁ 湿潤感	—	0.886	0.369	0.607	0.802	-0.164	-0.231	-0.020	0.719	0.951	0.155
X ₂ むれ感		—	0.248	0.627	0.684	-0.109	-0.181	0.166	0.703	0.774	0.125
X ₃ 温冷感			—	-0.301	0.842	-0.913	-0.954	-0.832	0.474	0.420	0.616
X ₄ 温熱感				—	0.114	0.494	0.441	0.635	0.342	0.637	-0.570
X ₅ ソフト感					—	-0.705	-0.761	-0.534	0.740	0.787	0.530
X ₆ 重量感						—	0.987	0.773	-0.469	-0.214	-0.674
X ₇ 厚み感							—	0.814	-0.466	-0.260	-0.658
X ₈ スムース感								—	-0.101	-0.015	-0.543
X ₉ フィット感									—	0.734	0.092
X ₁₀ 快適性										—	0.100
X ₁₁ 残留汗量											—

また、8種の試料のうちでは、ポリエステル/ウール混紡(裏ナイロン)が最も快適で、以下、ウール(やや薄地)、ウール(普通)、綿、ナイロン、絹の順に不快になっていくことが判明した。

さらに、快適性の内容を明らかにするため、因子分析法によって解析を行った結果を表4に示す。

快適性は、第1因子(F₁)では、湿潤感、温冷感、ソフト感、厚み感、フィット感との関連が高く、第2因子(F₂)では、温熱感、スムース感との関連が高い。寄与率は第1因子54.5%第2因子35.7%である。

表4 因子行列(基準軸回転前)

	F ₁	F ₂
X ₁ 湿潤感	-0.753	0.609
X ₂ むれ感	-0.650	0.656
X ₃ 温冷感	-0.886	-0.453
X ₄ 温熱感	-0.087	0.942
X ₅ ソフト感	-0.990	0.045
X ₆ 重量感	0.761	0.563
X ₇ 厚み感	0.807	0.596
X ₈ スムース感	0.547	0.748
X ₉ フィット感	-0.789	0.329
X ₁₀ 快適性	-0.758	0.579
寄与率(%)	54.5	35.7

この結果と表3の相関関係の結果を考慮すると、湿潤感、温熱感、ソフト感の3つの要素で、ソックスの快適性はほぼ説明されると予想される。したがって、これらを説明変数 湿潤感 x_1 、温熱感 x_2 、ソフト感 x_3 とし、快適性を目的関数 Y として重回帰分析を行ったところ、快適性 Y は、

(基準化しない場合)

$$Y = 0.374x_1 + 0.404x_2 + 0.380x_3 - 3.95 \times 10^{-3}$$

という重回帰式で表され、F-検定の結果、99%信頼限界で有意で、重相関係数は0.967と非常に高く、寄与率は94%となった。

この結果から、快適性は湿潤感、温熱感、ソフト感で代表される接触感の3つの官能量でほぼ説明出来る。

また3つの説明変数のうち、ソフト感 x_3 を抜いて重回帰分析を行うと、快適性 Y' は、

(基準化しない場合)

$$Y' = 0.874x_1 + 0.108x_2 + 6.62 \times 10^{-11}$$

で表され、F-検定の結果、99%信頼限界で有意、重相関係数0.954、寄与率91%で、水分、熱のトランスポート特性に関連する官能量のみでも、快適性のかなりの部分が説明できることがわかった。

これは、ソックスの着用メカニズムからも理解出来るもので、快適性と物性値との関連性を検討するにあたっての物理特性は、吸放湿性、透湿性、吸水性、乾燥性、保温性などを測定し、解析すればよいことがわかる。

次に、これらの各物理測定項目についての実験結果と考察を順を追って述べる。

3) 物性値の測定

3.1 吸湿性

実際の着用状態を考慮し、試料（面積 $5 \times 6 \text{ cm}^2$ ）裏面のみからの吸湿挙動をとらえるため、表面を不透湿性のフィルムで閉鎖した試料を、温度 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $71 \pm 1\% \text{ R.H.}$ に制御した恒温恒湿室内で一週間以上放置した後、硫酸カリウム

飽和水溶液を入れて調湿した、温度 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $96.8\% \text{ R.H.}$ のデシケータ内に移したときの吸湿過渡特性（吸湿量）を、非接着型ストレインゲージ（最大容量 $\pm 20\text{g}$ 、測定精度 0.213mg ）を用いて、試料の重量変化から測定した。

温湿度条件は、着用感との対応をとり易くするため、低湿度側は着用試験時の平均環境条件（温度 27°C 、湿度 $71\% \text{ R.H.}$ ）から、高湿度側は、発汗時のソックス内湿度が $100\% \text{ R.H.}$ 付近まで上がるものと予想して設定した。

時間経過に伴う単位面積当たりの吸湿量の変化を図3に示す。

吸湿量は、各試料とも吸湿過程の初期において急激に増加し、以後しだいに緩慢となり、平衡に達する。ナイロン、ポリエステル/ウール混紡

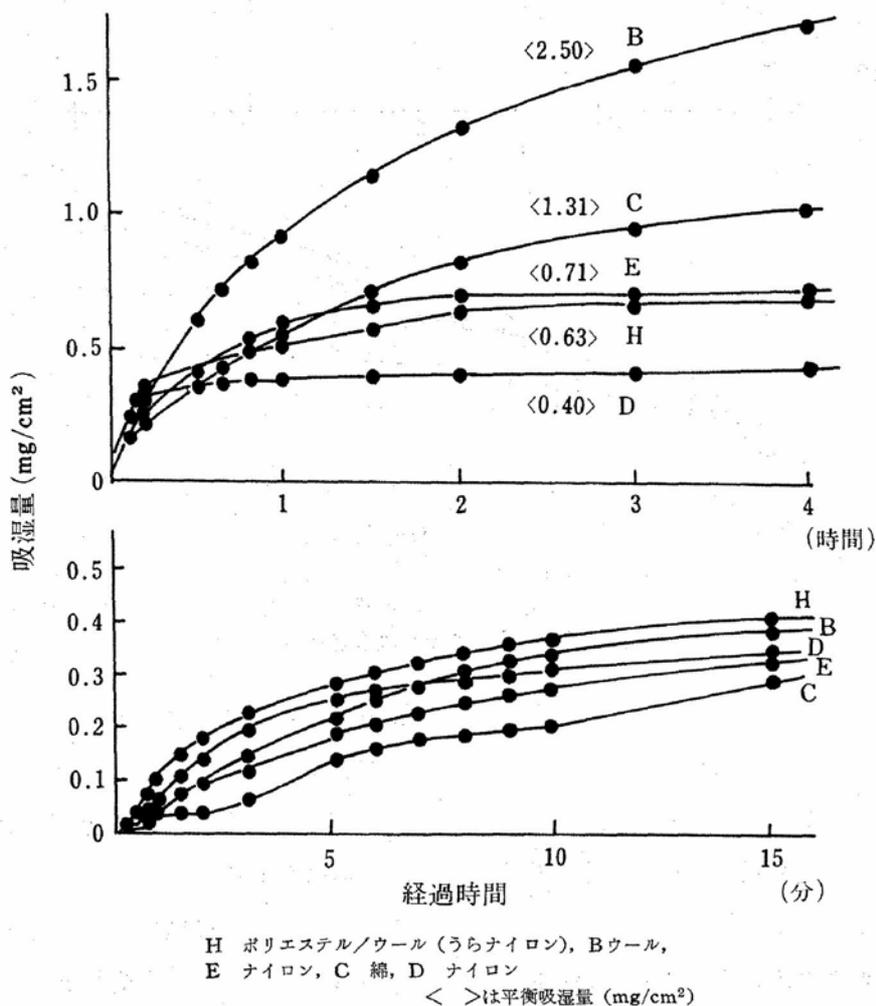


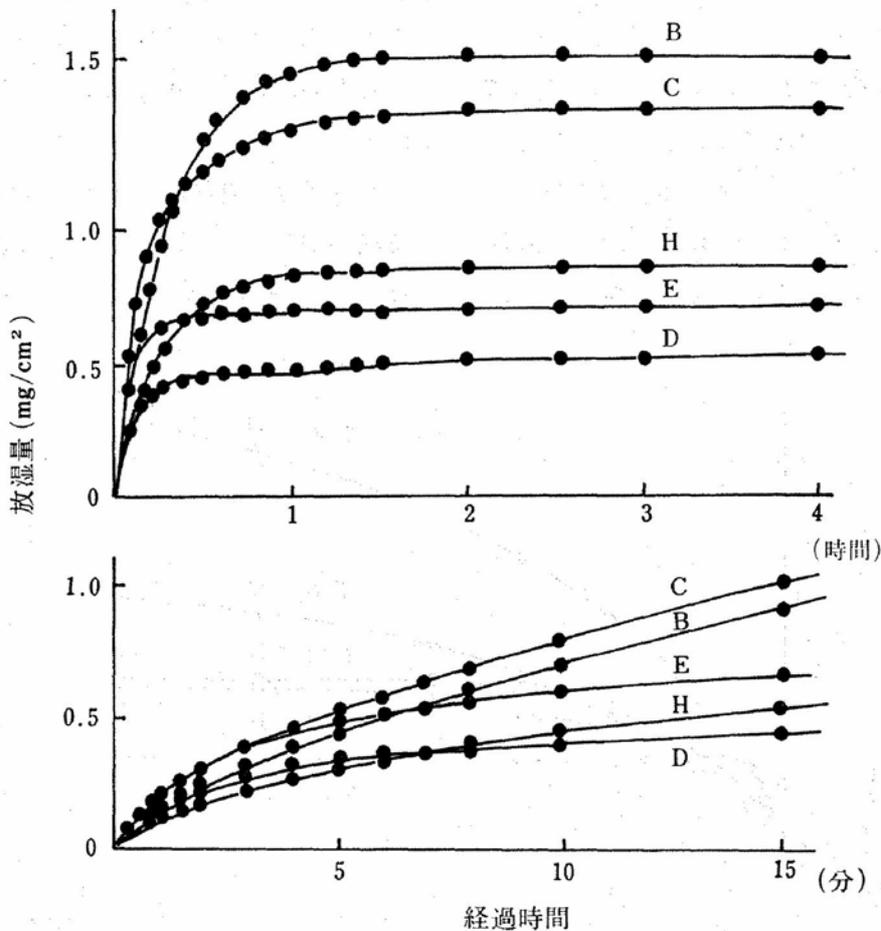
図3 時間経過に伴う吸湿量の変化

(裏ナイロン)は吸湿過程の初期に大きな吸湿性を示し、1~2時間で見かけの平衡に達するのに対して、ウール、綿は平衡吸湿量が大きく、平衡状態に達するまでに長時間を要する。

これは、初期の吸湿挙動には、繊維の性質とともに編物の構造が影響し、初期を除いた長時間にわたる吸湿過程では、繊維自身の吸湿特性が大きく影響するためと思われる。

3.2 放湿性

放湿性の測定は、吸湿性の測定と逆コース、すなわち、試料の表面のみからの放湿挙動をとらえるため、裏面を不透湿性のフィルムで閉鎖し、温度 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 96.8% R.H. のデシケータ内で1週間以上放置し、いったん平衡状態まで吸湿させ、温度 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $71 \pm 1\%$ R.H. の条件下で、放湿過渡特性(放湿量)を測定した。



H ポリエステル/ウール(うらナイロン),
B ウール, E ナイロン, C 綿, D ナイロン

図4 時間経過に伴う放湿量の変化

その結果を図4に示す。

放湿過程の初期において放湿量が多いのは、吸湿挙動と類似しているが、いずれの試料でも、1~2時間で見かけの平衡状態に達する点が吸湿挙動と相違している。

これは、放湿挙動には試料の疎水性、親水性が大きく影響し、ウール、綿などの水分率の大きい

親水性繊維は放湿量が大きく、短時間で見かけの平衡状態に達し(見かけの平衡に達した後も、微量ながら放湿を続け、完全な平衡状態になるまでには長時間を要する)、ポリエステル、ナイロンのような疎水性繊維は、もともと吸湿している量が少なく、短時間で平衡状態に達するためと思われる。

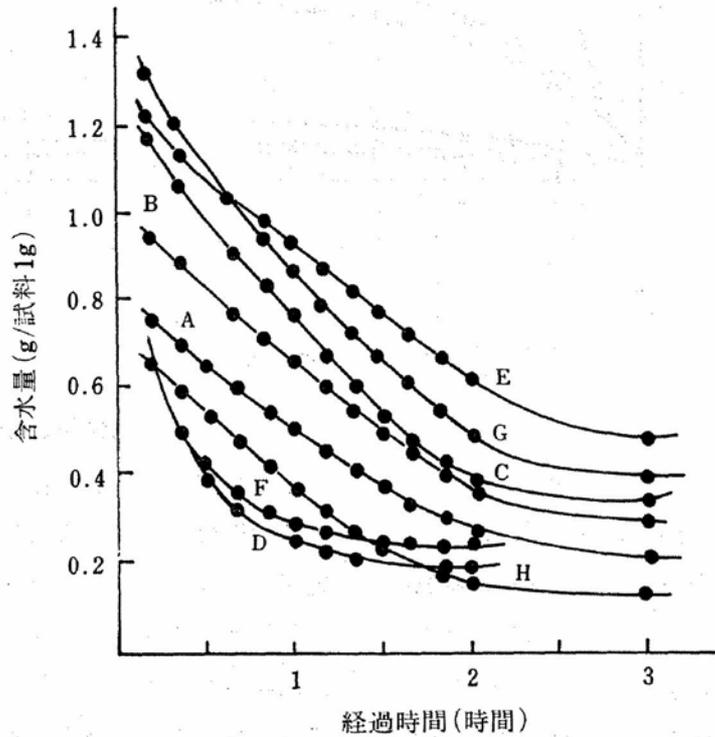
3.3 乾燥性

乾燥性は、放湿性と類似しているように思われるが、水が気相状と液相状と異なる相をとる点で異なり、発汗時の着用感、即乾性と関係があると思われる。

乾燥性の測定は、まず 20°C、65% R.H. で調湿

した直径 10cm の試料の重量を測定して基準重量とし、 $27 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中に 2 時間浸漬し吸水させた後、遠心脱水機で 30 秒間脱水し、20°C、65% R.H. の温湿度条件下に放置したときの乾燥過渡特性(含水量)を、試料の重量変化から測定した。

図 5 に結果を示す。



H ポリエステル/ウール (うらナイロン),
 B ウール, E ナイロン, C 綿, D ナイロン,
 A ウール, F ナイロン, G 絹

図 5 時間経過に伴う含水量の変化

初期含水量の小さいものほど、放水は比較的短時間に完了すると言え、8種の試料の中では、ポリエステル/ウール混紡(裏ナイロン)の乾燥性が注目される。

3.4 吸水性

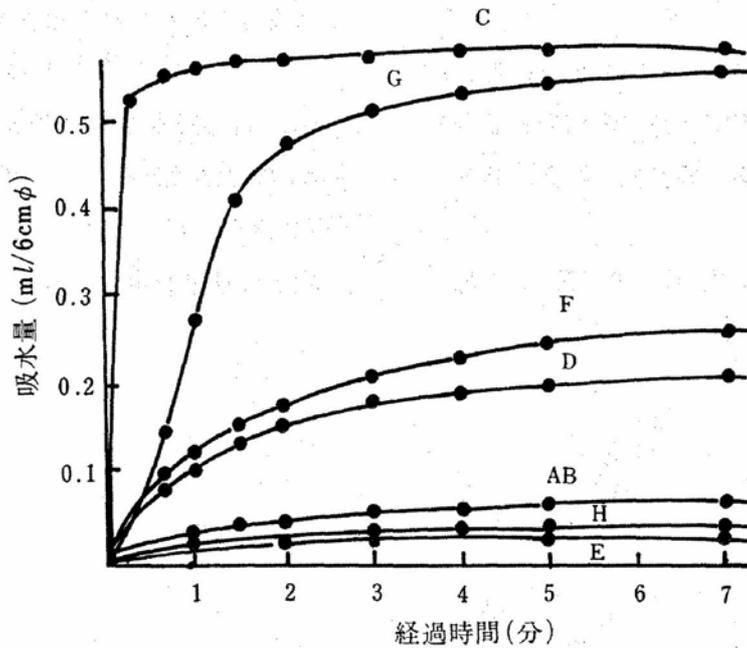
ソックスの汗を吸収する性能として、吸水性を取り上げた。

吸水性の測定法には、沈降法、滴下法、毛細管上昇法など種々の方法があるが¹⁷⁾、ソックスの着用状態と試料(編物)の取扱いにくさを考慮に入れ、J.H. Ketteringの方法¹⁸⁾を応用したラロー

ズ法によって測定した¹⁹⁾。

この方法は、直径 6cm の試料の平面状態での時間経過ごとの吸水量を測定するもので、結果を図 6 に示す。

綿・絹の吸水量が大きいですが、ウールの吸水量の小さいことが注目される。また、同じナイロンでも、吸水性に差が見られることから、繊維自身の界面化学的なぬれ抵抗のほか、毛管の形状、すなわち、組織、紡績糸かフィラメント糸かの差などが吸水性に寄与しているものと考えられる。



H ポリエステル/ウール (うらナイロン), B ウール, E ナイロン,
C 綿, D ナイロン, A ウール, F ナイロン, G 絹

図6 時間経過に伴う吸水量の変化

3.5 透湿性, 保温性

透湿性の測定には, 蒸発カップ法を用いた。

カップ (内径5.5cmφ) を20°C, 65%R.H. の環境条件下で放置し, 試料を通過する水蒸気の拡散をカップの重量変化としてとらえ, 放置3時間後, 19時間後の透湿率を算出した。

表5に示すように, 薄地ナイロンD, Fの透湿率が大きい, これは, 空隙率が大きく, 厚さが小さいという, 構造上の差によるものと考えられる。

保温性は, 富士冷機工業製繊維工業試験所型織布保温性試験器 (冷却法) を用い, JIS L 1018 6.25 B法に基づき測定した。

表5のように, 保温性は, 編地厚さの大きいものほど良く, 構造上の差が顕著に出ている。

4) 快適性と物性値との関係

着用試験とその解析結果から, 快適性と関連のある物性値として, 吸放湿性, 透湿性, 吸水性, 乾燥性, 保温性を取り上げたが, それらのどのような特性値を取り上げるかが問題になる。たとえば, 吸放湿性については, 吸放湿速度定数, 平衡吸放湿量, それに達する時間および経過時間ごとの吸放湿量などが考えられる。吸放湿挙動は, 初期の段階とそれ以降の段階とは異なり, それらをプールした吸放湿速度定数を因子とすることは, 実際の着用状態と合わないと考えられ, また, 平衡状態で議論するのも, 過渡的快適性を論ずるときには不都合となる。

したがって, 経過時間ごと (1時間まで) の吸放湿量を取り上げ, それらの相関関係の高いもの

表5 透湿性および保温性

	A	B	C	D	E	F	G	H
3時間後の透湿率 (%)	42.3	41.0	50.8	66.2	58.6	69.0	51.4	51.1
19時間後の透湿率 (%)	60.3	55.1	64.1	71.0	66.6	77.8	64.6	56.1
保温率 (%)	70.1	69.4	62.3	41.1	70.2	44.7	57.3	72.4

をまとめ、因子を抽出していった。吸水性、透湿性、乾燥性についても、同様な考え方で因子をま

とめた。

表6に、それら各因子の相関関係の一部を示す。

表6 各物性値の相関関係

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
X ₁ 吸湿量12秒後	—	0.408	0.559	0.812	-0.517	-0.152	0.240	0.628	-0.215	-0.079	-0.324	-0.744	-0.639	-0.071	-0.358
X ₂ 1分後		—	0.851	0.085	-0.625	-0.378	-0.460	-0.159	-0.610	-0.511	-0.685	-0.186	-0.473	-0.571	-0.583
X ₃ 10分後			—	0.384	-0.738	-0.227	-0.244	0.004	-0.670	-0.460	-0.636	-0.332	-0.496	-0.577	-0.824
X ₄ 1時間後				—	-0.594	-0.189	0.639	0.830	0.157	0.381	0.111	-0.871	-0.743	0.115	-0.402
X ₅ 放湿量12秒後					—	-0.183	-0.141	-0.222	0.202	-0.043	0.112	0.421	0.646	0.393	0.825
X ₆ 1分後						—	0.578	0.621	-0.046	0.084	0.402	0.454	0.462	-0.079	-0.263
X ₇ 10分後							—	0.859	0.493	0.580	0.388	-0.609	-0.489	0.765	0.127
X ₈ 1時間後								—	0.372	0.471	0.150	-0.893	-0.736	0.604	0.088
X ₉ 乾燥性12分後									—	0.949	0.906	-0.259	-0.123	0.369	0.544
X ₁₀ 1時間後										—	0.904	-0.412	-0.295	0.265	0.273
X ₁₁ 3時間後											—	-0.020	0.112	0.163	0.311
X ₁₂ 透湿率3時間後												—	0.900	0.117	-0.238
X ₁₃ 19時間後													—	0.300	-0.123
X ₁₄ 吸水量20秒後														—	0.788
X ₁₅ 7分後															—

これから、多変量解析に用いる物理量因子として、ソックス上の残留汗量、保温率、目付、バルキー性、10分および1時間後の吸湿量、1時間後の放湿量、12分後の乾燥性、3時間後の透湿量、7分後の吸水量、圧縮率の計11因子を選んだ。

これらと着用試験での官能量との類似性を分類

するために因子分析を行った結果を、表7および図7に示す。

第1因子(F₁)では、温冷感、ソフト感などの接触感に関連するものが大きな因子負荷量を持ち、第2因子(F₂)では、温熱感、湿潤感、むれ感に関連するものが大きな因子負荷量を持つ。

表7 因子行列表

	F ₁	F ₂	F ₃
1. 湿潤感	-0.513	0.774	-0.327
2. 温冷感	-0.957	-0.097	0.123
3. むれ感	-0.428	0.791	-0.283
4. 温熱感	-0.225	0.912	-0.028
5. ソフト感	-0.921	0.351	-0.139
6. 快適性	-0.520	0.718	-0.238
7. ソックス残留汗量	-0.678	-0.454	-0.555
8. 保温率	-0.936	-0.007	0.097
9. 目付	-0.984	-0.006	0.129
10. バルキー性	-0.378	-0.141	0.823
11. 吸湿量(10分後)	-0.556	0.642	0.183
12. " (1時間後)	-0.875	-0.265	-0.122
13. 放湿量(1時間後)	-0.739	-0.458	-0.394
14. 乾燥性(12分後)	-0.099	-0.760	-0.323
15. 透湿率(3時間後)	0.904	0.236	0.342
16. 吸水量(7分後)	0.403	-0.577	-0.589
17. 圧縮率	-0.837	0.298	-0.140
寄与率(%)	54.0	27.7	9.8

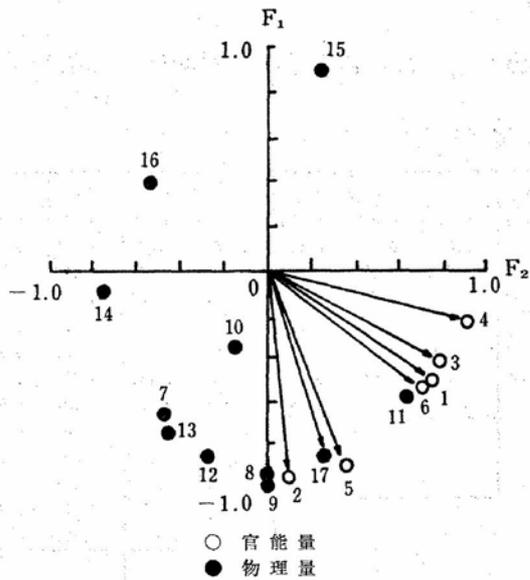


図7 第1, 第2因子間の位置関係

寄与率は、第1因子54.0%、第2因子27.7%、第1, 第2因子トータル81.7%である。

つぎに、快適性を水分、熱のトランスポート特性に関する物性値でどの程度明らかに出来るかを検討するため、因子分析の結果と相関関係とから絞った保温率、12分後の乾燥性、1時間後の吸湿量、1時間後の放湿量を、それぞれ説明変数 a_1 , a_2 , a_3 , a_4 とし、官能量である快適性を目的関数 Y'' として、重回帰分析を行った。

得られた重回帰式は、

(基準化しない場合)

$$Y'' = 1.880a_1 - 0.539a_2 - 0.014a_3 + 0.277a_4 - 0.461$$

(目的関数、説明変数とも基準化した場合)

$$Y'' = 1.242a_1 - 0.827a_2 - 0.454a_3 + 0.341a_4 - 3.77 \times 10^{-7}$$

で重相関係数0.832、寄与率69.2% F-検定95%信頼限界で有意となり、快適性は、偏回帰係数の大きい保温率 a_1 および12分経過後の乾燥性とに、大きい影響を受けることがわかった。

3. 今後の研究方針

快適性は、水分、熱のトランスポート特性に関連する物性値で、ある程度まで説明出来ることがわかったが、快適性を解明するには、さらに検討が必要である。たとえば、試料Hのような二層構造(表ポリエステル/ウール混紡、裏ナイロン)を持ったソックスが最も快適であるという結果についての理由は、恐らく表面で保水し、適度に放湿、放水しながら、裏面で吸湿、吸水を適度に行い、適度な接触感を保っているためだろうと思われるが、今回の研究では十分説明出来ない。また、着用試験は精度も悪く、時間と経費がかかる。これらの点を解決するものとして、快適性シミュレータを検討したい。

すなわち、図8のような不感蒸泄から発汗までの領域で、衣服内気候の湿度と熱流量が同時に、経時的に測定できるシミュレーション装置を作れ

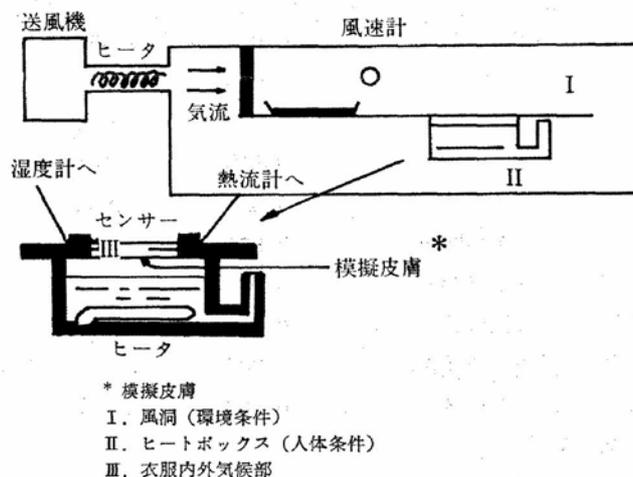


図8 水分、熱のトランスポート特性解析のための試作シミュレータ

ば、技術的にも経済的にもメリットが大きく、トランスポート特性、ひいては快適性が解明できるものと考え、検討を進めている。

今後、本装置を試作し、スポーツウエア、肌着などをサンプルとし、それらの快適性とその計測法とを研究したい。

4. 結 語

快適性と物性値との関連性を解析する目的で、本報では、市販ビジネスソックスを用いて着用試験を行い、まず、快適性の内容を明らかにした。

その結果、官能量である湿潤、むれ感と温熱感とソフト感、フィット感で表される接触感とは互いに相関が高く、これらの主観的な評価値は、着用経過時間ごとにほぼ同様に変化し、快適性はそれらの3つの官能量でほぼ説明出来る。

さらに、水分、熱のトランスポート特性に関連する物理量を説明変数、快適性を目的関数として多変量解析を行い、その関連性を解析した。

その結果によれば、快適性は、水分と熱とのトランスポート特性に関連する物性値で、ある程度までは説明できることがわかった。

しかしながら、これでは十分とは言えず、快適性を解明するには、水分、熱併存糸でのトランスポート特性の検討とその計測法の開発が必要であり、そのためのシミュレータを考案、続いて検討したい。

文 献

- 1) 今田；現代の心理学, 173, 岩波書店
- 2) S.M. Ibrahim ; *Text. Res. J.*, Vol. 38, 950 (1968)
- 3) Wm. Kirk ; *Text. Res. J.*, Vol. 36, 37 (1966)
- 4) W.S. Howarth ; *J. Text. Inst.*, Vol. 55, T251 (1964)
- 5) 松尾；織機誌, Vol. 16, T46 (1963)
- 6) 川端, 丹羽；織機誌, Vol. 28, P503 (1975), Vol. 30, P225 (1977)
川端；“風合い評価の標準化と解析” 日本繊維機械学会 (1975) 他
- 7) 小林, 市田；織消誌, Vol. 17, 297 (1966)
- 8) 玉置, 鶴谷；家政誌, Vol. 30, 550 (1979)
- 9) R.L. Galbraith ら；*Text. Res. J.*, Vol. 32, 236 (1962)
- 10) J.H. Andreen ら；*Text. Res. J.*, Vol. 23, 11 (1953)
- 11) R.L. Galbraith ; *Text. Res. J.*, Vol. 29, 640 (1959)
- 12) 大野, 倉崎；家政誌, Vol. 27, 534 (1976)
- 13) 花田；織消誌, Vol. 20, 273 (1979), Vol. 20, 305 (1979), Vol. 21, 171 (1980) 他
- 14) 諸岡, 丹羽；家政誌, Vol. 30, 328 (1979)
- 15) M.E. Whelen, L.E. Mochattie ら；*Text. Res. J.*, Vol. 25, 211 (1955)
- 16) 亀井, 豊田, 風間；織消誌, Vol. 16, 86 (1965)
- 17) 平山；織消誌, Vol. 19, 769 (1963)
- 18) J.H. Ketting ; *Am. Dyest. Rep.*, Vol. 37, 73 (1948)
- 19) 大口；織消学会講習会 (1980) 堅田