

各種最終仕上げ処理によるポリエステルフィラメント織物の熱・水分移動特性と衣服の快適性

著者	松平 光男
雑誌名	金沢大学教育学部紀要.自然科学編
巻	49
ページ	89-98
発行年	2000-02-21
URL	http://hdl.handle.net/2297/549

各種最終仕上げ処理によるポリエステルフィラメント織物の熱・水分移動特性と衣服の快適性

松平光男

Changes of Heat and Moisture Transport Properties of Polyester Filament Weaves by Various Final Finishing Treatment

Mitsuo MATSUDAIRA

Abstract

Changes of heat and moisture transport properties of silky polyester fabrics by various final finishing treatments were investigated and following conclusions were obtained. (1) Thermal insulation value does not change with MAWUS and Fibroin treatments. Thermal conductivity increases a little with very high relative humidity conditions (RH>90%). q -max increases fairly with relatively higher RH conditions (>50%). (2)Moisture regain increases a lot by those treatments. (3)Blouses become not stuffy even after exercise of 2 min rope jumping and 8 min pedaling by those treatments. (4)There was no clear relationship between subjective comfort and body temperature, humidity, heart rate changes.

1. 緒言

数年来続いたポリエステルフィラメント織物を中心とした新合繊ブームも、バブルの崩壊と共に下火となり、現在では各種複合素材ブームの観がある。しかしながら、ブラウス、ワンピース、等の婦人用薄手布に使われる複合素材の主要素材は、依然としてポリエステルフィラメントであり、この中でも最も多く使われているのはニューシルキー調である。一方、これらニューシルキー調新合繊ポリエステル織物に対して、更なる仕上げ処理加工を行うことにより、人間に適合する、より快適な衣料にするための努力が続けられている。

ポリエステル織物はその高度な性能から、他の合成繊維織物に比べて最も大量に用いられているが、その最大の欠点は吸水性が無い点である。そのため、親水化のための実に様々な努力が工夫されている。例えば、繊維に穴や溝を作り水の吸着場所を増加する工夫¹⁾、或いは親水化物をグラフト重合することにより水蒸気を吸

着し易くする工夫、等がある。

各種仕上げ処理によるポリエステル織物の力学特性や風合い変化については、既に筆者達による報告がある^{2,3)}。また昨年度は、通常仕上げ加工を終了したニューシルキー調新合繊ポリエステル織物について、親水性を付与するために開発されたマーバス加工⁴⁾、更に天然のシルクに近づけるべく開発されたフィブロイン加工⁵⁾を施したポリエステル織物の力学特性及び風合い変化を追跡した結果を報告している⁶⁾。

しかしながら、仕上げ処理による熱・水分移動特性や衣服の快適性を検討した研究は殆ど認められない。そこで本報告では、ニューシルキー調新合繊ポリエステル織物について、マーバス加工及びフィブロイン加工を施すことにより、布の熱・水分移動特性がいかに変化するか、また衣服の快適感がいかに変化するかを検討する。

2. 実験

2. 1 実験試料

シルキー調新合織として製造されたポリエステル織物として、トレビューハブタエ(ハブタエタイプ)、レジュールファイユ(デシタイプ)、ピバンカシミア(フジギヌタイプ)の3種類を、各々最終仕上げ処理条件の異なる状態で入手した。トレビューハブタエは縦糸、横糸ともに無撚のフィラメント糸からなり、レジュールファイユは縦糸は無撚だが、横糸は強撚のフィラメント糸からなり、ピバンカシミアは縦糸、横糸ともに並み撚りのフィラメント糸からなっている。試料の詳細を表1に示す。これら試料の仕上げ処理条件を表2に示すが、最終仕上げ処理Aは標準的なシルキー調新合織ポリエステルフィラメント織物の仕上げ条件である。マーバス加工Bでは、繊維表面に親水性モノマーをグラフト重合したものであり、ポリエステルに親水性付与するだけでなく、制電性、吸水性、防縮性、SR(Soil Release)性が付与されている⁴⁾。フィブロイン加工Cでは、マーバス加工の上に、更に天然のフィブロインタンパクをポリエステル繊維に附着しており、吸湿性と天然シルク調の風合いが付与されている⁵⁾。

2. 2 実験方法

布の熱移動に関する特性値としては、保温率

(Thermal Insulation Value=TIV)、布の見かけの熱伝導率(k)、及び接触冷感の指標である $q\text{-max}^7)$ を、布の伝熱的特性を迅速かつ正確に行えるThermo Labo II⁷⁾を用いて測定する。布の水分移動に関する特性値としては、水分率(Moisture Regain=MR)、水吸い上げ高さ及び通気抵抗(Air Resistance=AR)を測定する。

(a) 保温率(TIV)

一定温度に保った熱板(Large BT-Box)からの熱損失を計測する。

$$TIV=(W_0-W)/W_0 \times 100(\%) \quad (1)$$

但し、 W_0 :布の無い状態での熱損失(J/s/m²)、 W :布がある状態での熱損失(J/s/m²)である。保温率の測定は、Dry Contact法、Dry Space法、Wet Contact法、Wet Space法の4種類^{7,8)}を用いる。保温率計測時には、布には上から下への一定速度の垂直気流(約0.2m/s)が当たっており、熱は下方から上方に散逸される。

(b) 見かけの熱伝導率(k)

$$k=W \cdot D / A / \Delta T \quad (\text{J} / \text{s} / \text{m} / \text{K}) \quad (2)$$

但し、 W :熱板の温度を一定に保つのに必要な熱損失(J/s)、 D :布の厚み(m)、 A :熱板の面積(=0.0025m²)、 ΔT :温度差(=10.0K)であり、測定時の布圧力は6.0gf/cm²である。

Table 1 Outlines of Fabric Samples

Sample No.	Fabric Type	Structure	Density (/m)	Counts (tex)	Twist (/m)	Thickness* (mm)	Weight (g/m ²)
1	Habutae	Plain	Warp	4300	11.1(100d/72f)	0	85.1
			Weft	2100	11.1(100d/72f)	0	
2	Dechine	Plain	Warp	3700	6.7(60d/72f)	0	110
			Weft	3300	16.7(150d/96f)	1800(S:Z=2:2)	
3	Fujiginu	Plain	Warp	2900	10.0(90d/48f)	800(S)	112
			Weft	4500	10.0(90d/48f)	800(S)	

* Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm²

Table 2 Finishing Stages and the Final Treatment of Polyester Weaves

Stage	Condition	Final Treatment
1	Off loom	
2	Scouring and Relaxing in Washer	
3	Drying (160°C)	
4	Heat setting (190°C) in Heat-setter	
5	Weight reduction (16% in 40 g/l NaOH sol.)	
6	Drying (140-150°C) and Heat setting (170-180°C)	A
7	MAWUS treatment	B*
8	Fibroin treatment	C*
9	Washing, Drying (140-150°C), Heat setting (150°C)	

* These samples are subjected to the finishing stage No.9 after each final treatment.

(c) $q\text{-max}$ ($J/s/m^2/K$)
 $q\text{-max}$ は、一定の熱容量を持つ銅板(0.41855 J/K , 9.79g, 9.0 cm^2)の片面に布を接触させ、その直後の短時間内に生じる銅板から布へ移動する熱流速の最大値である。この値が大きい程布の接触時に感じる冷感が強い。

$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$:	53%
KI:	69%
NaCl:	76%
KNO_3 :	92%
$Pb(NO_3)_2$:	98%

(d) 水分率 (MR)
 試料の絶乾時 (105°C, 2時間) の重量 (W_{dry}) と調湿条件下の重量 (W_{wet}) との差から以下の式で求める。

$$MR = (W_{wet} - W_{dry}) / W_{dry} \times 100(\%) \quad (3)$$

調湿は飽和塩を含んだデシケータ中に試料を48時間以上放置し、デシケータから素早く取り出して秤量した。その際水分率の変化を最小限に抑えるため、デシケータ内で秤量瓶に素早く移してふたをした。試料は20cm×20cmのサイズで、同一試料をまず乾燥時から順番に加湿し、続いて最大調湿条件から除湿するサイクル測定を行った。用いた飽和塩と対応する相対湿度は以下の通りである。

$SiO_2 \cdot nH_2O$:	under 17%
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$:	31%
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$:	42%

(e) 水吸い上げ高さ (cm)
 バイレック法に従い、垂直に垂れ下げた2.0cm×20cmの試料を水につけて、水の吸い上げ先端部の高さを追跡する。

(f) 通気抵抗 (AR)
 布の通気抵抗については、KES通気度試験機⁹⁾で計測した。一定量の空気が布を通過するときの通気抵抗は次式で求められる。

$$R = \Delta P / V \quad (2)$$

但し、R; 通気抵抗 ($Pa \cdot s/m$), ΔP ; 布の表面と裏面との間の圧力差 (Pa), V; 単位面積当たりの空気流れ ($m^3/m^2/s$) である。

実験は全て温度 $20 \pm 0.2^\circ C$, 湿度 $65 \pm 3\% RH$ 条件下で行った。

2. 3 着用実験

試料No.2のデシンを用いて、図1に示す婦人

用ブラウス（衿付き，長袖）を作成し，ブラウスの快適感に関する被験者による着用実験を行った。下半身は通常のズボンを着用し，上半身のみブラウスを取り替えて検討した。ブラウスの下はブラジャーのみとした。発汗時の快適性に関する相違を把握するため，下記のような二種類の運動を付加した条件を考えた。

[1] 縄跳びによる運動

測定時の温湿度は， $18 \pm 2^\circ\text{C}$ ， $55 \pm 5\% \text{RH}$ であり，被験者は健康な女子大学生18名（20～22歳）であった。

- (1) ブラウスを着用し，着用直後の着心地についてアンケートに答える。
- (2) 2分間縄跳びをする。
- (3) 運動後の着心地についてアンケートに答える。
- (4) 10分間の休憩後，ブラウスを取り替えて同一の実験を繰り返す。

[2] 自転車エルゴメータによる運動

測定時の温湿度は， $20 \pm 0.3^\circ\text{C}$ ， $65 \pm 3\% \text{RH}$

であり，被験者は健康な女子学生6名（20～22歳）であった。この場合，生理学的なデータの採取も考え，温湿度センサーを胸と背中の中心にセットし（図2参照），運動前後の心拍数も測定した。

- (1) ブラウスを着用し，温湿度センサーを取り付ける。
- (2) 心拍数を測定し，着用直後の着心地についてアンケートに答える。
- (3) 自転車エルゴメータで8分間運動する。速度は，メトロノームに合わせ，40rpmを維持する。
- (4) 運動直後の心拍数を測定する。
- (5) 運動後の着心地についてアンケートに答える。
- (6) 20分間の休憩後，ブラウスを取り替えて同一の実験を繰り返す。

3. 結果

3.1 熱物性値に関する結果

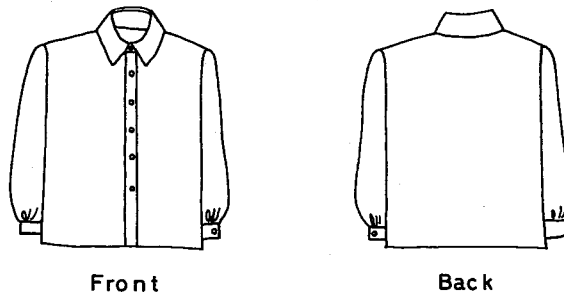


Fig. 1 Design of blouse.

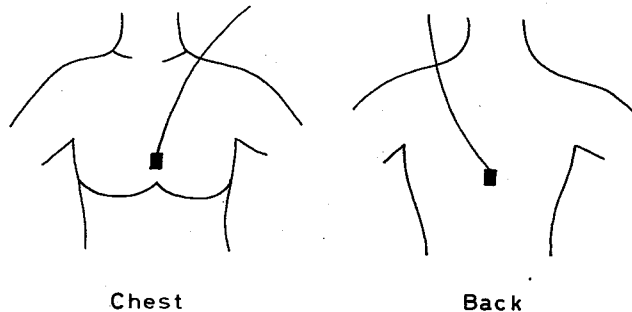


Fig. 2 Position of temperature and humidity sensor.

布の保温率の結果を、Dry Contact法、Dry Space法、Wet Contact法、Wet Space法について各々図3、4、5、6に示す。プロット点は5枚の布の平均値であるが、仕上げ処理効果はどの方法においても差異は認められない。試料間の差はDry Space法で若干認められ、ハブタエタイプが他の試料、デシントタイプ、フジギヌタイプよりも若干低くなっている。

布の熱伝導率の結果を、デシントタイプで図7に示す。処理の効果はそれ程認められないが、湿度の大きな(>90%)領域で増大する傾向が認められた。マーバス処理及びフィブロイン処理によって熱伝導率が若干増大している。他の2試料でも全く同様な結果を得たので図は省略する。

q-maxの結果を、デシントタイプで図8に示すが、処理の効果が湿度の高い領域(>50%)で現れており、全ての試料でB及びCで大きな値を示した。このことは、マーバス処理やフィブロイン処理を行うことにより、湿度の大きな時には布表面は冷感が大きくなっていることを意味している。値そのものはフジギヌタイプがハブタエタイプやデシントタイプに比べて20%程小さな値を示したが、これは前者がスパン調であるため、表面の接触面積が小さいためと考えられる。

3.2 水分移動に関する物性値

水分率の相対湿度依存性をデシントタイプで図9に示す。湿度が高い程、明らかに水分率が増加している。処理の効果も明らかに現れており、未処理に比べてマーバス処理により水分率が大きくなり、フィブロイン処理により更に大きくなっている。水分率の増加は湿度の高い領域でより顕著となっている。他のハブタエタイプやフジギヌタイプの結果もこれと全く同様であったため、図は省略する。

吸い上げ高さの結果をデシントタイプで図10に示す。時間と共に全ての試料で高さは上昇し、30分位でほぼ平衡値に達している。その値は、

マーバス処理が一番大きく、次にフィブロイン処理となっており、図9の結果とは異なっている。図9は水蒸気の吸水性であるのに対して、図10は液体水の吸水性であるため、異なっていると考えられる。

通気抵抗の結果を図11に示す。処理によって通気抵抗は増大していることが認められるが、特にハブタエタイプとデシントタイプで顕著であった。マーバス処理によって樹脂が繊維表面に吸着し、通気抵抗が増大していることが予想される。フィブロインという天然タンパクの吸着によって通気抵抗は更に大きくなっていることも示されている。

3.3 着用実験

縄跳びのアンケートの結果を16名の平均値で図12に示すが、一部のアンケート項目で、運動前後で明らかに異なっていることがわかる。未処理のブラウスは運動前は柔らかく、動きやすく、暖かく、快適であるが、運動によって暑く、ムレて、べたつき、快適感も少なくなっていることがわかる。明らかにマーバス処理やフィブロイン処理したブラウスの方がムレにくくなっている。

自転車エルゴメータの結果を6名の平均値で図13に示すが、縄跳びとほぼ同様の結果が得られている。即ち未処理のブラウスは運動前は軽くて柔らかく、肌触りも良いが、運動後は暑く、ムレて、快適性も悪いと判断されている。マーバス処理とフィブロイン処理とは大きな相違は認められなかった。また、これらの結果の平均値の相違に関する有意性を検討したところ、被験者間のバラツキが大きく、上記の項目で最大でも10%の有意水準しか得られなかった。

心拍数の変化は運動によって明らかに増大したが、処理条件による相違は認められなかった。温湿度の変化も追跡したが、個人差が大きく、全体を統一する結果は得られなかった。具体例を紹介すると、ある被験者はマーバス処理ブラウスを着用した場合に運動時の湿度の上昇が最

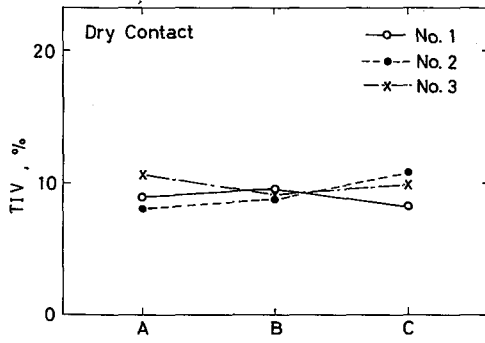


Fig. 3 Results of thermal insulation values by Dry Contact method.

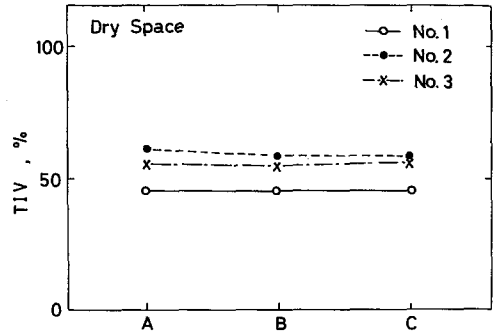


Fig. 4 Results of thermal insulation values by Dry Space method.

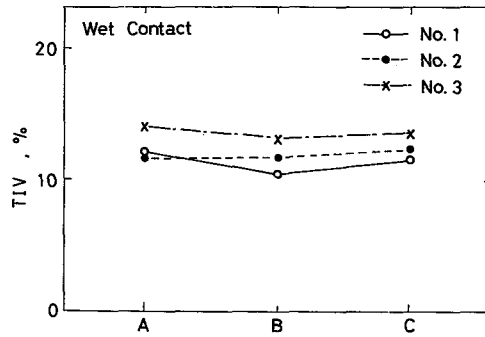


Fig. 5 Results of thermal insulation values by Wet Contact method.

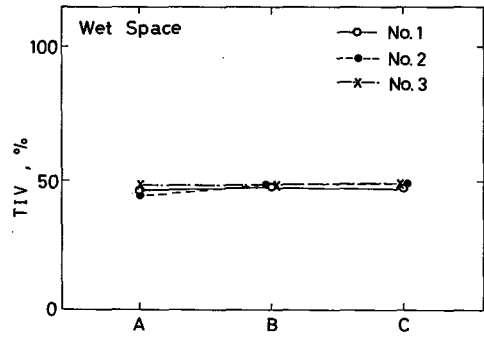


Fig. 6 Results of thermal insulation values by Wet Space method.

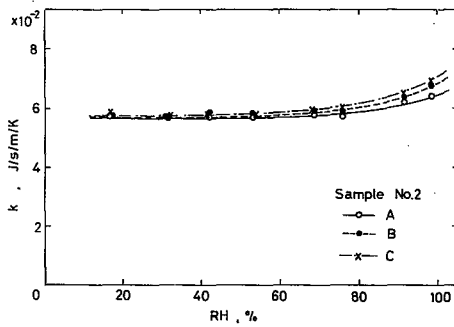


Fig. 7 Dependency of thermal conductivity of on relative humidity.

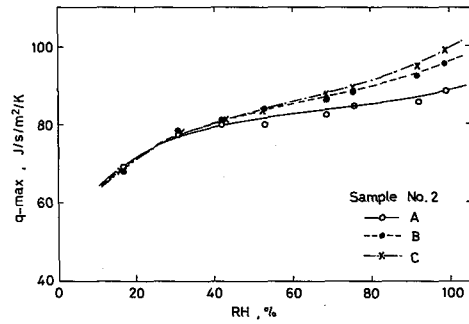


Fig. 8 Dependency of q-max on relative humidity.

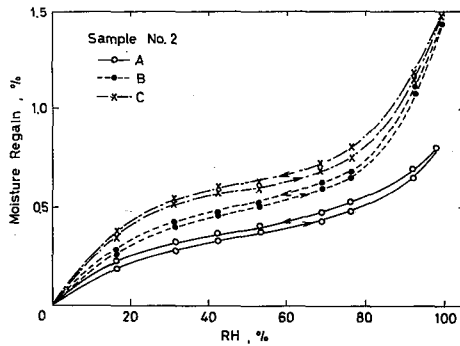


Fig. 9 Dependency of moisture regain on relative humidity.

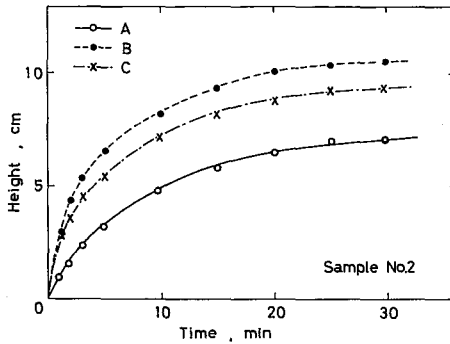


Fig. 10 Dependency of height of absorbed water on time.

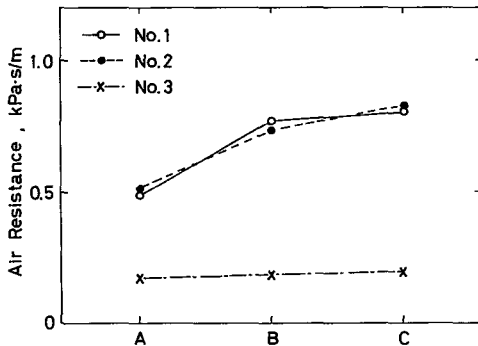


Fig. 11 Results of air resistance for all samples.

も小さかったが、他の被験者は未処理のブラウスが一番小さかった。中には、フィブロン処理したブラウスが最も長時間高い湿度を維持した被験者もいた。また、同一の被験者でも胸と背中では異なった傾向を示す場合もあった。それ故今回の実験では生理学的データでは、残念ながら、信頼性のある結果は得られなかったと言える。

4. 考察

熱物性値の結果から、マーバス処理やフィブロン処理により、布の保温性は殆ど変化しないが、湿度の高い条件では、布の冷感が強まることを示されたが、その理由は、処理により吸着水が増大するためと考えられる。事実布の水分率は処理によって大幅に増大していた。

着用実験との対応では、未処理のブラウスが縄跳びやエルゴメータの運動によってムレ感が増大しており、マーバス処理やフィブロン処理が発生した汗を吸収しているためと考えられる。処理によって q_{max} がやや大きくなる点も着用実験の、運動前は処理ブラウスが涼しく感じ、運動後は未処理ブラウスが暑く感じた結果とよく対応している。運動前の状態では布は処理によって硬くなっており、やや風合いが悪いと判断されているが、これは前報の客観評価法による結果⁶⁾を裏付けるものである。

アンケートによる主観評価の結果を裏付ける生理学的なデータは得られなかったが、この点は今後の検討材料としたい。現在のところ、主観評価の結果と生理学的データとは必ずしも対応しないのではないかという感想を抱いている。また、快適性に対する人の感覚は鋭いが、温湿度や心拍数は鈍感でその変化に追従しないのではないかと考えている。新しい、より敏感な生理学的指標が必要ではないかと思う。

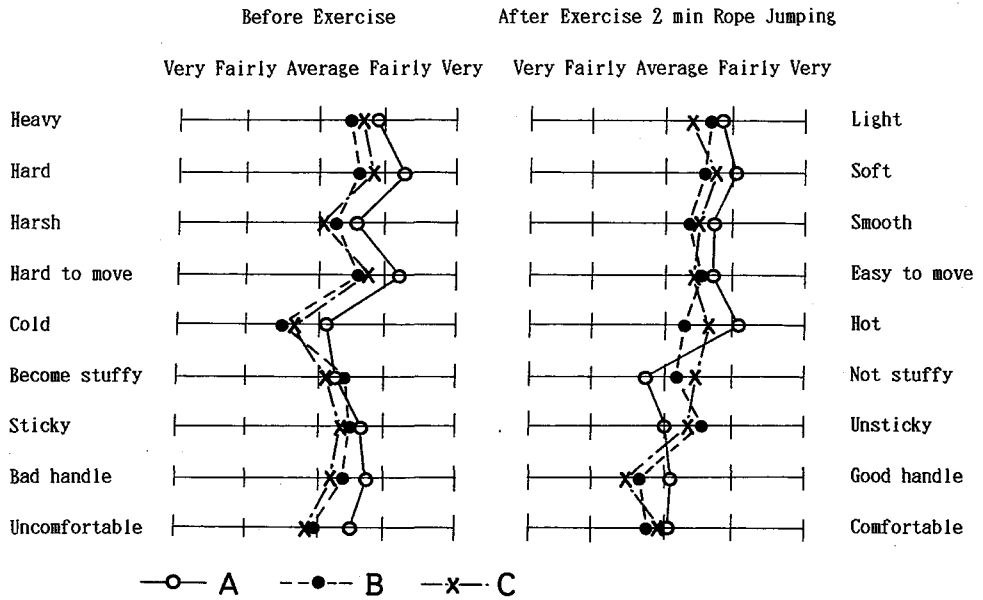


Fig. 12 Results of subjective evaluation about comfort of blouse by 2min rope jumping exercise.

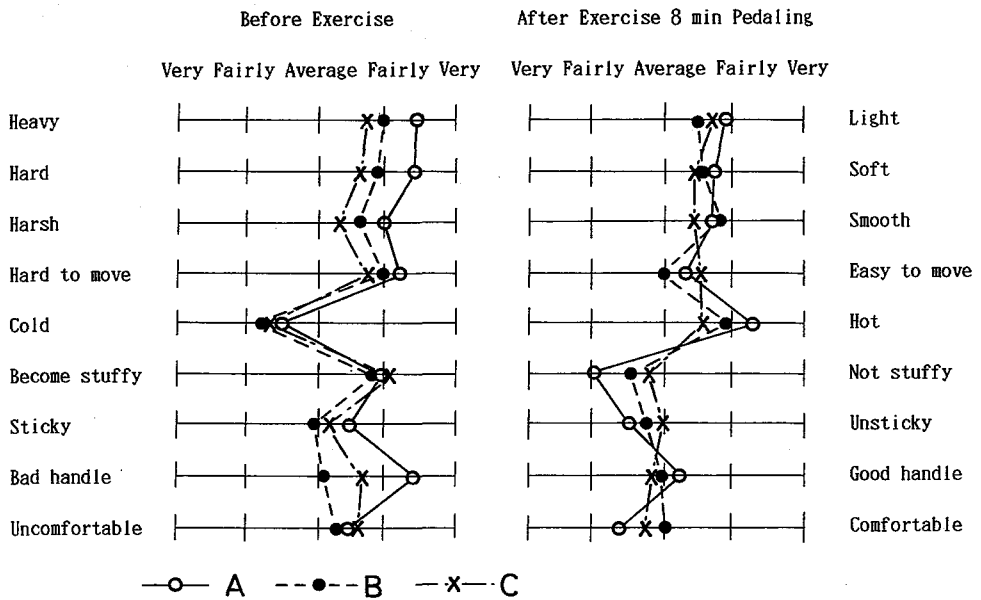


Fig. 13 Results of subjective evaluation about comfort of blouse by 8 min pedaling exercise.

5. 結論

シルキー調ポリエステル織物の最終仕上げ処理による熱・水分移動特性の変化を測定し、ブラウスの快適性の変化を着用実験によって求め、以下の結論を得た。

- (1) マーバス処理、フィブロイン処理によって、布の保温率は殆ど変化しない。熱伝導率は相対湿度90%以上で若干増大する。q-maxは相対湿度50%以上で増大する。
- (2) 水分率は処理によって増大するが、相対湿度が高いほどその効果は大きい。液体水に対する吸着効果はマーバス処理が最も高い。
- (3) 処理したブラウスは運動時にムレ感が少なく、汗を吸収する効果がある。
- (4) 温湿度や心拍数の変化と衣服の快適性との明確な関係は得られなかった。

文献

- 1) Mitsuo Matsudaira, Yoshikazu Kondo: J. Text. Inst., **87**(3), 409 (1996).
- 2) Mitsuo Matsudaira, Masao Matsui: J. Text. Inst., **83**(1), 144 (1992).
- 3) 松平光男：繊維機械学会誌(繊維工学), **45**(10), P532 (1992).
- 4) 公開特許公報 昭58-4659
- 5) 公開特許公報 平3-185183
- 6) 松平光男：金沢大学教育学部紀要(自然科学編), **48**, 75 (1999).
- 7) 川端季雄：繊維機械学会誌(論文集), **37**(8), T130 (1984).
- 8) 松平光男：日本家政学会誌, **39**(9), 987 (1988).
- 9) 川端季雄：繊維機械学会誌(論文集), **40**(6), T59 (1987).