(昭和 57 年 6 月 22 日受理)

布の水分伝達特性の評価に関する2,3の測定

長崎大学教育学部 鈴木 淳

A FEW MEASUREMENTS ON THE EVALUATION OF THE PROPERTIES OF TRANSMISSION OF WATER IN FABRICS

By Atsushi Suzuki

(Department of Home Economics, Faculty of Education,
Nagasaki University, Nagasaki)

Lately developments of water absorbent synthetic fibers have become of general interest and the related reports are increasing. In this paper the properties of transmission of water in the related fabrics were estimated from the sliding resistance and the heat flow, the methods of which were derived in the past. It was suggested that water absorption of porous synthetic fiber, the blended of porous synthetic fiber and cotton fiber or the double layer of cotton and polyester contributed to the physical factors of comfort.

(Received June 22, 1982)

1. はじめに

最近、吸水性ないしは吸汗性合成繊維の開発¹⁾が盛んで、その「着心地」に関する機能性要因の評価の研究²⁾も行われてきている。

そこで本報告でもこれら新しい素材を含めたいくつかの布試料について、その対水分機能を従来筆者らが取り

上げたすべり抵抗^{3,4)}および温熱変化⁵⁾の測定を参考に検討したのでその結果について報告する。

2. 測定内容および測定法

2.1 試料

用いた試料は親・疎水性繊維別の吸湿性とぬれ易さの特徴をもつ表1に示す各試料を選択した。試料の諸元は

Table 1 Details of samples.

No.	Sample	Texture (Knit)	Count (s)	Density		Thickness ($\times 10^{-2}$ cm)	Weight ($\times 10^{-3}$ g/cm ²)	Air permeability (cc/cm ² sec)	Moisture regain (%)	Contact angle (°)	Rate of water absorption (mm/10min)
				Coarse (c/cm)	Wale (w/cm)						
1	Cotton	Rib stich	42.5/1	13	19	7	5.2	181	7.9	55	110
2	Acrylics	"	150d	13	18	4.1	11	221	1.5	53	80
3	" ^{*1}	"	1/49.3	15.4	"	6	17	158	—	—	60
4	" ^{*2}	"	1/60	"	9.5	12	22	103	—	—	131
5	Cotton 65% ^{*2} /Acrylics 35%	"	1/33.2	11.5	16	7	17	140	—	—	96
6	Cotton ^{*3} Polyester	Plain knitting	1/73.0	17	15	5	9.5	—	—	—	93
7	Wool	"	1/37.3	13	15	7	16	183	14.1	81	0
8	Polyester	Rib stich	82.5d	15	13	8.6	13	177	0.4	69	38
9	Acrylics	"	144d	13	18	4.4	10	221	—	66	0

^{*1} Surface absorbent^{*2} Porous^{*3} Face : Polyester, Back : Cotton

次のような測定法に準拠し、測定は標準状態(20℃, 65% RH)で行った。厚さ、通気度、剛軟度等の測定については、それぞれ繊維厚さ計、フラジール型通気度試験機およびハートループ法による剛軟度試験器等を用いて測定した。吸水速度はバイレック法による測定値を示し、吸湿率は標準状態の吸湿率で示した。接触角については繊維に水滴を噴霧し、その顕微鏡写真から計測した。

2.2 力学的測定

2.2.1 湿潤布のすべり抵抗の測定

既報³⁾の方法に準拠した図1に示す測定装置により水分率—すべり抵抗曲線を求めた。すなわち最初に重さの分っている標準状態にある試料を接続子に固定し、その裏面をポリプロピレンフィルム上に接触させる。ついで

Fig. 1 Schematic diagram for measuring the sliding resistance of the wet fabric.

布が過飽和に湿潤するまでピペットまたはマイクロシリンジで一定量の蒸留水を試料に含浸させる。そしてこのときの乾燥重量に対する布の水分率 W_s (%)を読み取っておく。その後は自然乾燥の状態に保ち、任意の経過時間 t_t (min)における水分率 W_t (%)でのすべり抵抗 R_t (g/cm²)を、そのつどわずかず試料をすべらせて測定する。そして一連の水分率における測定を終った後の経過時間 t_e (min)におけるときの水分率 W_e (%)を接続子から試料を取りはずして自動天秤にて秤量する。このとき実測時と同じ状態での布の乾燥速度がすべり抵抗の実測範囲内で一定であることから t_t 時間における水分率 W_t は次式によって決定される。

$$W_t = W_s - (W_s - W_e) \cdot (t_t / t_e) \quad (1-1)$$

すなわち以上の結果から W_t と R_t との関係が求められる。実験は温度20℃, 湿度65% RH, 風速30 cm/secの恒温恒湿実験室で行った。

2.2.2 液滴吸収時におけるすべり抵抗の測定

図1の測定装置を用い、既報⁴⁾の方法に準拠して液滴吸収時の経過時間—すべり抵抗曲線を求めた。すなわちすべり抵抗の測定をあらかじめ開始させておき、その状態のままで試料の後端を持ち上げポリプロピレンフィルム

Fig. 2 Schematic diagram for measuring the changes of temperature and heat flow.

(a)-1 and (b)-1 Schematic diagram of main parts of the apparatus for measuring the changes of temperature and heat flow in the period of drying of wet fabric.

(a)-2 and (b)-2 Schematic diagram of main parts of the apparatus for measuring the change of heat flow in the period of absorption of water-drop of fabric.

(c) System for recording the changes of temperature and heat flow.

ム上に液滴を滴下する。そして試料をポリプロピレンフィルム上に接触させ、液滴吸収に伴う布のふきとり能力とすべり抵抗との関係を求めた。液滴量は1/50 cc とし、測定は前項の実験同様恒温恒湿実験室で行った。

2.3 熱的測定

2.3.1 湿潤布の温熱変化の測定

既報⁵⁾の方法に準拠した(風量が異なる)図2の(a)-1, (b)-1, (c)の測定方法により水分率-温度変化曲線ならびに水分率-熱流量変化曲線を求めた。すなわち測定は熱板に接触させた試料を過飽和に湿潤させて、その乾燥過程における試料下の温度ならびに熱流量の変化特性を測定した。

このとき、実験は最初乾燥過程の全体について測定し、以後、乾燥過程の中途段階で測定を中断し、その時点での布の水分率を自動天秤にて実測し、各測定点での温度ならびに熱流量の対水分率曲線を求めたものである。

2.3.2 液滴吸収と熱変化の測定

2.2.2項に対応する新しい熱的評価法として図2の(a)-2, (b)-2, (c)の測定方法により、液滴吸収時における熱流変化を測定した。まず図の(a)-2のセンサーに試料幅3 cmの試料を装着する。このとき試料は垂下5 g下においてスプリングSにて固定する。そしてセンサー部分を図の(b)-2に設置し、試料下の中心部分にマイクロシリンジTの先端が位置するようにマグネットスタンドVにセットする。その後前項の測定と同じ環境下で定常状態になった段階で液滴を滴下し素早くマイクロシリンジを抜き出し液滴吸収に伴う熱流変化を測定した。液滴量は4.8 μ lとした。

3.1 実験結果および考察

3.1 力学的測定結果

3.1.1 水分率とすべり抵抗との関係

図3にすべり抵抗-水分率曲線の測定結果を示した。それによるとつぎのようなことがいえる。No. 3のアクリル試料は他の試料に比較して水分率の低いところですべり抵抗が急増しており、その最大値も大きく、曲線全体が低水分側に位置している。それは比較的低密度が大きく薄地で布を構成している繊維が吸湿性が少なくかつ表面変性型の吸水繊維であることから抱水能力に限界があるためである。No. 4のアクリル試料では繊維自身の吸湿性は少ないが繊維が微細空孔を有しており、かつ布地

Fig. 3 Relation of the sliding resistance of knit fabrics and water content.

も厚地であることから抱水能力にすぐれ、No. 3の試料に比べてすべり抵抗の急増がかなり高水分側にずれた結果を与えている。No. 5の試料は多孔質の吸水性アクリル繊維と綿との混紡品で、前2者に比較してかなりすべり抵抗が小さい特徴を示している。つまり布構成条件の違いはともかく吸湿性をもつ綿と多孔質の吸水性繊維とによる相乗効果が密着性の緩和作用としてかなり効果的に働いているものと推察される。No. 6の綿とポリエステル2層構造からなる試料では、すべり面が綿の場合の方がポリエステルの場合よりも水分による抵抗を受けにくく、高い水分率のところですべり抵抗が急増している。No. 7の羊毛ではすべり抵抗-水分率曲線がもっとも高水分率側に位置し、No. 1の綿では中間的な存在にあり、すべり抵抗の大きさがぬれ易い綿では大きく、ぬれにくい羊毛では小さい特徴^{3,6)}を示している。

3.1.2 液滴吸収とすべり抵抗との関係

図4は液滴吸収時におけるすべり抵抗の測定結果である。その結果は図3の結果を更に特徴づけるもので、No. 5の多孔質吸水性アクリル繊維と綿との混紡品がすべり抵抗の作用が小さく、密着性が小さい点で優れている。そして多孔質繊維のみからなるNo. 5の試料では混紡品ほどの効果が期待できないようである。No. 6のポリエステルと綿との2層構造のうち、接触面が綿の場合の結果もかなり小さい特徴を与えている。勿論、布の構成条件が必ずしも同一ではないので、定量的な比較はできないが吸湿性がある繊維とない繊維(ぬれ易い場合とぬれにくい場合がある)とをうまく取り合わせることでより何らかの相乗効果が期待されるようである。No. 3の表面加工型の吸水性アクリル繊維や、No. 2のレギュラーアクリルの場合には抱水能力の点で劣っており、密

Fig. 4 Relation between the sliding resistance of knit fabrics and the liquid absorption.

着性を減少させる上で余り大きな期待はできないようである。なお図には綿ブロード40sの結果も付記したがメリヤス地に比べてすべり抵抗がかなりシャープで最大値も大きいことが分る。つまりこれは肌着がメリヤス地であることの根拠の一つともいえる。No. 7の羊毛ではぬれにくく特に毛管作用が働かず特殊である。

3.2 熱的測定結果

3.2.1 水分率と温熱変化との関係

吸水布の乾燥過程における温度 $T(^{\circ}\text{C})$ および熱流量 $H(\text{kcal}/\text{m}^2\text{hr})$ の変化結果を対水分率曲線として図5に示した。その結果は既報⁵⁾と同様いわゆる典型的な乾燥機構を示すもので、水分率がある大きさ以上のところでは温度および熱流量が水分率の大きさにかわらずほぼ一定で、いわゆる恒率乾燥期間にあり、それ以下では減率乾燥期間にあることが分る。

まずこの恒率乾燥期間の限界水分率^{6,7)}を推定してみると大略表2に示す通りである。すなわち多孔質の吸水性アクリル繊維と綿との混紡品(No. 5)や接触面が綿の場合の2層構造(No. 6)からなる試料では限界水分率が綿試料(No. 1)に近くほぼ30%程度と高く、多孔質の吸水性アクリル繊維のみからなる試料(No. 4)や接触面がポリエステルの場合の2層構造からなる試料(No. 6)ではほぼ20%程度とやや低い値を示している。そしてNo. 3の表面吸水型のアクリル試料(色もの)ではほぼ10%程度と更に低い値を示している。このことは表面改質型

Fig. 5 Changes of temperature T and heat flow H versus water content in drying of wet fabric.

Table 2 Observed values of the critical water content.

No.	Sample	Texture	Critical water content
1	Cotton	Rib stitch	About 30%
4	Acrylics	"	" 20"
3	"	"	" 10"
5	Acrylics 65% / Cotton 35%	"	" 30"
6	Polyester (face) / Cotton (back)	Plain knitting	" 30"
"	Cotton (face) / Polyester (back)	"	" 20"

(実際にはバイレック法による吸水速度がNo. 2のレギュラーアクリルよりNo. 3の方が小さい)が多孔質型に比べて抱水量に限界があることを意味している。また多孔質の吸水性試料の場合バイレック法による吸水速度は綿以上であるが、熱的に求めた限界水分率は綿より小さく抱水能力つまりは物理的な吸水性(多孔質)といわれる吸湿性との間でその働きに違いのあることが示唆される。

つぎに図5の結果を図6の指数関数で表わし(H_0 , T_0 は恒率乾燥期間の温度($^{\circ}\text{C}$)および熱流量($\text{kcal}/\text{m}^2\text{hr}$)の値である)、減率乾燥期間における第2限界水分率を求めてみるとほぼ表3のようになる。すなわちその結果は綿(No. 1)および綿混(No. 5, No. 6)の順に第2限界水分率が高く、多孔質型の吸水化のみでは第2限界水分率を高める上で限界のあることが示唆される。

3.2.2 液滴吸収と熱変化特性

図7は液滴吸収時における熱流量の変化特性を示した

Fig. 6 Relation between $\log(T/T_0 - 1)$ and $\log(1 - H/H_0)$ and α .

Table 3 Observed values of the second critical water content.

No.	Sample	Texture	Second critical water content	
			H_2 (%)	T_2 (%)
1	Cotton	Rib stitch	13	9.5
4	Acrylics	"	4	4
3	"	"	3.5	2.5
5	Acrylics 65% / Cotton 35%	"	10.5	6.5
6	Polyester (face) / Cotton (back)	Plain knitting	6.5	5.5
"	Cotton (face) / Polyester (back)	"	5	4.5

ものである。そのパターンは両極に吸湿性が小さくぬれ易い試料と吸湿性が大きくぬれにくい試料とが存在し、前者では短い経過時間に対して熱流量が急増し、かつ急減するシャープな形状を示し、その熱流速度の最大値も大きい。後者では経過時間に対して、熱流量の上昇が緩慢で放熱時間が長く、形状はフラットで、熱流速度の最大値が小さい。そしてぬれと吸湿性が共に大きいか共に小さい場合に両者の中間の特徴を示し、前者ではぬれが大きく吸湿性が小さい場合の結果に類似し、後者ではぬれが小さく吸湿性が大きい場合の結果に類似したパターンを示す。たとえば吸湿性が少なく繊維表面のみがぬれ易いアクリル試料(No. 2, No. 3)では抱水能力が小さく、毛管浸透による浸透速度も浸透面積も大きく、その結果蒸発面積が大きくなり、かつ被接触面のぬれ度も大きく、冷却されやすい性質にあるといえる。なお、No. 6の2層構造の場合にも同じような効果が認められる。一方吸湿性が大きく、ぬれにくい羊毛試料ではその逆の性質を示し、図5の結果からも分るように羊毛の保温効果の一端を説明しているといえる。

4. 結 言

吸湿性とぬれ易さに特徴をもつ布の水分伝達特性について検討するため2, 3の力学的および熱的測定を試みた。その結果から多孔質の吸水性アクリル繊維、その綿との混紡、あるいは親・疎水繊維による2層構造などの水分伝達特性に関するパターンの特徴を知り、それらの性質が着用時の機能性要因の改善に寄与することの示唆を得た。特に綿と多孔質の吸水性アクリル繊維との混紡において有効であることの知見を得た。反面多孔質性が

Fig. 7 Relation between heat flow and elapsed time in the period of absorption of water-drop by fabric.

示す吸水性といわれる吸湿性との間にはその性質にかなりの差のあることも示唆された。なお、今後更に測定例をふやして検討することが必要である。

ここで試料の恵与を頂きましたことを厚く感謝致します。

文 献

- 1) 大口；織学誌，**37**，P-252 (1981)
- 2) たとえば福井，関口；織学誌，**36**，P-313 (1980)；
松井，近藤，荒井，山本；織学誌，**37**，P-101

- (1981)；諸岡，丹羽；家政学誌，**30**，320 (1979)；
菅井，中島；織消費科学会昭和 57 年年次大会研究
発表要旨 p. 114
- 3) 鈴木，新海，大平；織学誌，**29**，T-51 (1973)
 - 4) 鈴木，大平；織維学論文集，**26**，T-217 (1973)
 - 5) 鈴木；織学誌，**38**，T-163 (1982)
 - 6) 鈴木；織学誌，**39**，T-233 (1983)
 - 7) 中島，進藤；織学誌，**37**，T-347 (1981)；菅井，
中島；日本織消費科学会昭和 57 年年次大会研究
発表要旨 p. 114
-