

# 摩擦による被服材料の内部温度について

西 沢 信

## On the Temperature of Clothing Materials Caused by Friction

Makoto Nishizawa

### I 緒 言

冬期の寒冷時における衣服表面の手のひら等での摩擦による内部温度の上昇による皮膚の暖かさの生起は日常的に感じる場所である。また衣服着用時での激しい摩擦による内部温度の上昇、特に屋内でのバレーボール等のスポーツウェアは床との摩擦熱で生地が融け、破れることもめずらしいことではない。このようなことからさまざまな新素材の開発が進められている。例えば異種の融点の異なる合成繊維を二層からなる複合素材とすることにより、融点の低い繊維にまず熱を吸収させ、次に高融点の繊維に吸収させることにより融けたり、破れたり<sup>1)</sup>の発生を遅らせるなどである。これらはいずれにしても、衣服材料の表面が摩擦されて、圧力エネルギーが加わり、材料の分子運動が活発化して、衝突を繰り返し、材料を適度に、また過度に暖めることになる。この摩擦熱は材料の分子に直接加えられた圧力によって発生する。厚さのある衣服材料の表面を摩擦することにより、この表面で発生した摩擦熱が熱伝導や対流により減衰しながらではあるが内部（裏側）に伝えられて行くものと考えられる。本実験ではモデル的にエメリペーパーによる摩擦子で衣服材料を摩擦し、発生する摩擦熱による内部（裏側）温度の上昇度を測定し、その厚さや見かけ比重との関係を検討し、若干の結果を得たので報告する。

### II 実験方法

#### 1. 試 料

用いた試料はウール、綿、綿-ポリエステル混、ポリエステル、ナイロン、アクリル-ウール混等11種類で織組織を含む試料の諸元について第1表に示す。

なお厚さの影響を検討するため薄手のナイロンフィラメント、ポリエステルフィラメントを素材とする織物からウールについては、敢えて厚手のものを試料として用いることとした。

第1表 試料の諸元

試料 No	試料名・組織	厚さ(mm)	含気率(%)	見かけ比重 (g/cm <sup>3</sup> )	糸密度(本/cm)	
					たて	よこ
(a)	ポリエステル100パーセントモスリン	0.285	68.9	0.479	24.0	21.5
(b)	綿100% #40ブロード	0.229	62.8	0.491	52.0	26.5
(c)	綿35% ポリエステル65% #40ブロード	0.221	62.0	0.502	54.0	29.0
(d)	ポリエステル100%タフタ	0.090	39.3	0.802	62.5	38.5
(e)	ナイロン100%タフタ	0.107	58.3	0.550	60.5	41.5
(f)	アクリル70% 毛30% (綾織)	0.749	79.3	0.273	15.5	14.0
(g)	アクリルカシミアモスリン	0.240	68.7	0.413	33.5	28.0
(h)	サージ (毛-綾織)	0.552	65.4	0.457	45.5	23.5
(i)	ウールジョーゼット (平織)	0.784	74.4	0.337	34.0	27.0
(j)	ツイード (毛-平織)	0.884	78.6	0.283	11.0	10.0
(k)	フラノ	0.629	67.7	0.427	—	—

## 2. 摩擦方法および温度の測定

試料に摩擦を与えるためピリングテスターを利用することとし、アピアランス・リテンション形試験機を使用した。この試験機の試料ホルダー（重さ-約124g、試料ホルダーの底面積-約26cm<sup>2</sup>）に試験片を取り付け、これをホルダー支柱（194g）にセットした。この時、摩擦により発生する内部（摩擦される表面と反対側-以下これを内部と称することとする）温度測定のための温度センサー（1/100℃ポケットブル温度計D617-15 TECHNOL SEVEN製）を、この内部と試料ホルダーの間に挿入、装着した。以下ここで検出される温度を摩擦による内部温度とする。摩擦時の押圧荷重はこの試料ホルダーとホルダー支柱の荷重で約316gであり、下部の摩擦板に接触することとなる。この摩擦板にはできるだけ粒子の細かいものとして#1000のエメリーペーパーを用いることとした。この摩擦板は直径3.8cmの円周軌道を描いて85±3min<sup>-1</sup>（rpm）の速度で偏心回転<sup>2)</sup>し、上部の試料ホルダーに取り付けられた試験片と接触摩擦される。したがって、試料ホルダーは静止の状態にある。

ただし試験機運転開始時すなわち測定開始時の内部温度を基準（0としてスタート）として、摩擦経過時間によりどの程度内部温度が上昇したかを上昇変位度（℃）として測定し、結果を示した。測定の時間間隔は毛織物では10秒から110秒まで10秒間隔で読み取った。他の試料では摩擦により、穴あき、破れ現象が生じる時間が異なるが3秒、5秒、10秒、15秒経過時点の結果を読み取ることとした。

また、この測定開始時の基準内部温度は全試料の測定を通して、できるだけ実験室内が一定温度（ここでは16~18℃）でスタートできるように配慮した。（恒温恒湿室を有しないため標準条件下での実験は不可能であったが温度が前記の条件をほぼ維持できる時期、時間に配慮して実施した。）

## 3. 布の厚さ、見かけ比重、糸密度等の測定<sup>3)</sup>

厚さは織物厚さ計を用いて10cm×10cm試験片を2枚重ねとして5箇所を測定し、試料1枚の平均値を求めて厚さとした。なお厚さ測定において、加える圧力は毛織物での場合、JISでは50g/cm<sup>2</sup>となっているがこの測定では一般織物と同様とした。また見かけ比重算出のための平面重（g/cm<sup>2</sup>）は試験片10cm×10cmとしたもの2枚の重さを測定し、1枚あたり平均値から求めた。見かけ比重（g/cm<sup>3</sup>）

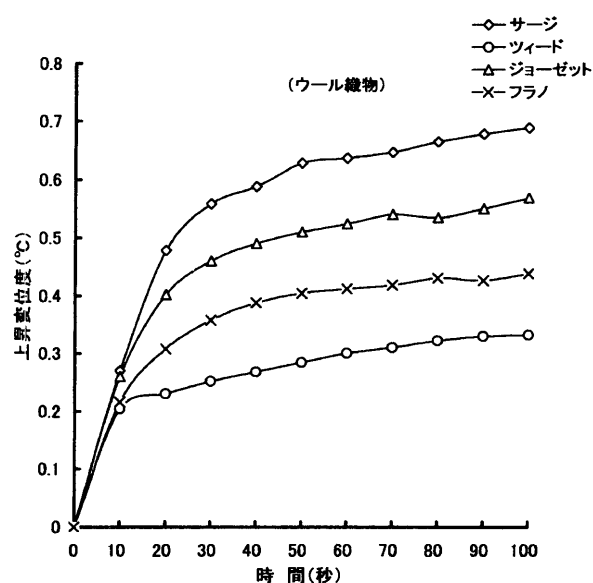
はこの平面重と上記の厚さの結果から算出した。なお、これらの測定は試料を調湿デシケーターに放置後、恒温恒湿を維持できる実験室を有しないため3月下旬から4月上旬の温度20℃、湿度65%に近い日に測定したものである。また含気率はこれらの数値をもとに算出して得た結果を示すこととした。

糸密度は織物計算レンズを用いて試料の3ヶ所について、2cmあたりを計測し、1cmあたりの平均値(本/cm)で求めた。

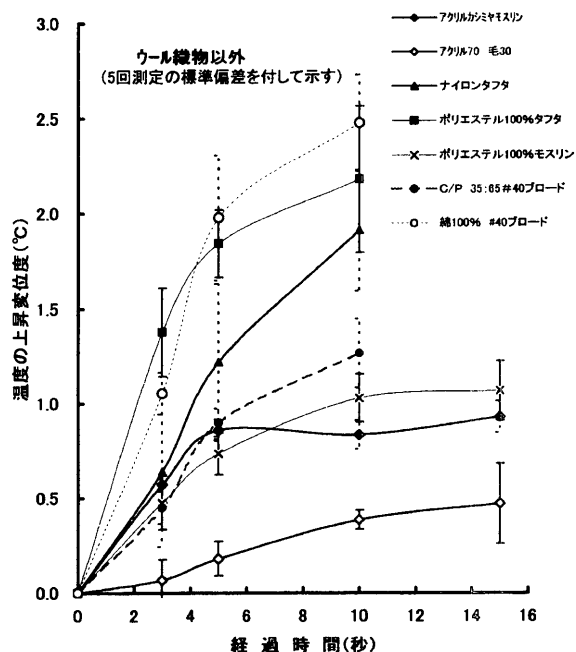
### Ⅲ 結果および考察

#### 1. 内部温度の経時変化について

ウール織物と他の試料については実験方法で述べたように摩擦により、試験片が破れるまでの時間に大きな差が生じ、結果を同一の図には表しにくいいためウール織物と他の試料に分けた。第1図にウール織物、第2図にウール織物以外の試料の摩擦時間と内部温度の上昇をその変位度(℃)で示す。なお実験方法の2.でも記したように、摩擦開始のスタート温度を基準とする変位度を測定していることにより、以下の結果・考察や図中ともに変位度(℃)で表すこととした。



第1図 摩擦時間と内部温度の上昇変位度



第2図 摩擦時間と内部温度の上昇変位度

第1図のように、ここで用いたウール100%のものは、やや厚さのある試料であり(0.552mm~0.884mm)、摩擦による破れ現象が生じるまでに100秒程度以上を要している。しかし、その厚さのため、変位度(℃)は摩擦時間100秒時点ではすべて1℃未満で0.3~0.7℃と小さい。試料の内部に含有する空気が多く、熱伝導を小さくしようとするためと解される結果が見られる。なお試料の厚さと上昇変位度(℃)についての詳細は次の2.で検討する。

また、第2図での毛の混紡、アクリルカシミア、ポリエステルモスリン等は摩擦による穴あき、破れ現象が生じるのが20秒以下と早く、摩擦には極めて弱い結果を示したが、これらも上記と同様、変位度(℃)は1℃以下と小さい。このように変位度(℃)の小さいものは上記の両者の結果を見ると、綿100%ブロードを除くと、明らかに紡績糸使用のものであることがわかる。すなわち他のものと比較

して、含気率の高いものといえよう（ここで綿100%#40ブロードは勿論紡績糸使いの織物であるが第1表でも見られるように薄く、磨耗試験の結果でも極めて弱いものである。）

また同図中、綿-ポリエステル35：65ブロード（C/P 35%：65% #40ブロード）や綿100% #40ブロード、ポリエステル100%タフタは経過時間10秒時点でも、なお変位度が上昇を示しているにも関わらず、図示していないのは、これらはこの時点を超えて穴あき、破れ現象が生じ始め、それ以降温度が下降した結果を示したからである。

また毛織物とポリエステルタフタ、ナイロンタフタ、綿100%#40ブロードなどでは第1図、第2図での結果から、その経過時間の最初3秒程度までの初期の変位度の上昇勾配を見ると、前者では0.02程度であり、後者ではその10～23倍（0.2から0.46）となり、極めて摩擦による温度上昇が急速にかつ、内側に伝えられているかが読み取れる。

なお、ここでの結果は摩擦子として#1000を用いたのであるが、これをさらに粒度の細かいものでの摩擦によれば、厚さの小さい試料には、穴あき、破れ現象が生じるまでの時間を引き延ばし、データの精度の向上が期待されると考えられる。

## 2. 上昇変位度と厚さ・含気率

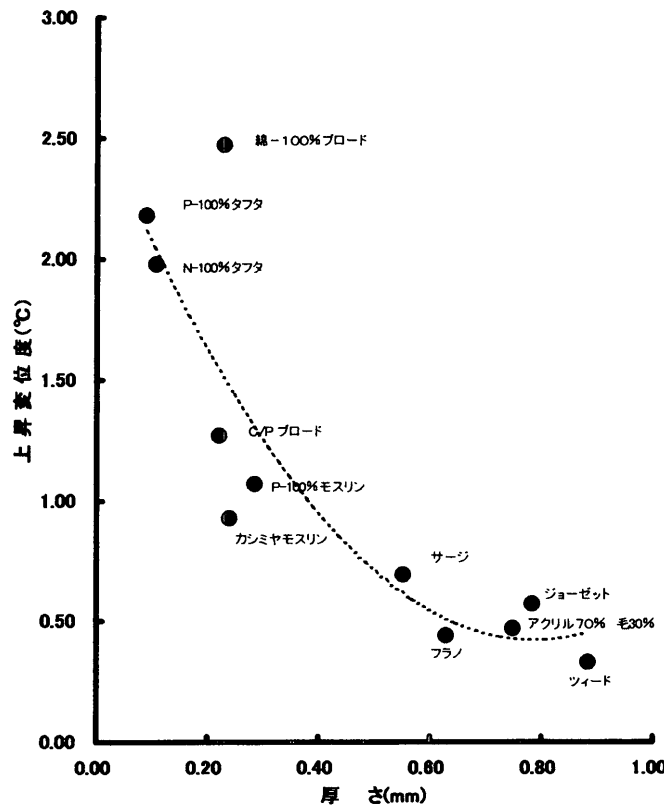
先の結果から、ここで用いた試料の範囲ではすべて100秒以下で破れ現象が生じたため、変位量（℃）が低下していくことが認められた。試料がなお、摩擦に強く、破れ難い場合、温度は上昇し、変位量（℃）が増加して行くものと考えられる。

いずれにしてもこのような摩擦により、その試料表面の温度は上昇し、それが試料内部を伝導して裏側の温度をも上昇させているといえる。また極めて薄くかつ短時間で破れ現象を起こす試料においては表面の摩擦による温度がストレートで伝達されて行くものとも言える。後者のような試料については厚さや含気量が、摩擦による温度上昇に、どの程度影響を及ぼすのか検討するには問題があるともいえるが、敢えて考察を試みた。

第3図は厚さと破れ現象が現れる直前の試料の温度上昇（変位量—上昇変位度℃）を示したものである。

全体的な傾向としてウール（紡毛織物）やその混紡は厚さがおよそ0.6mm以上で他のものに比べ厚く、またサージのような梳毛織物でも他のものに比べれば大きい。このようなものの上昇変位度は0.5℃程度と小さく、摩擦による内部への熱の移動は起こりにくく、温度の上昇は小さいことになる。しかしこれは熱の移動が少なく、熱伝導が小さいと解するのか、ウールのようなクリンプの存在と紡績糸であること、またここでの試料のごとき太糸の使用による織物では、その表面と摩擦子との接触面積は小さくなり、もともとの熱発生が小さく温度上昇が小さいことも考えられる。

同図で綿35%ポリエステル65%#40ブロード、ポリエステル100%モスリン、カシミアモスリンはいずれも紡績糸使いで合成繊維を主としたものであり、厚さもポリエステル100%タフタやナイロン100%のフィラメント織物で厚さも極めて薄いものとの中間で上昇変位度も1℃程度で両者の中間にあることがわかる。ポリエステル100%タフタやナイロン100%の両者は、2℃前後の温度上昇を示したことは、少なくとも試料表面では、これ以上の温度上昇があったことを意味するものである。緒言でも述べたように、スポーツ用衣料素材には、ポリエステルやナイロンフィラメントが多くもちいられ、屋内での激しい運動による床との接触摩擦による温度上昇、それに伴う繊維の熔融にまで至り、火傷の原因にもなりうるということが推察される。なおここで綿100%ブロードと綿35%ポリエステル65%#40ブロードは厚さ、含気率ともにはほぼ同じであるが後者の方が、上昇変位度は1.5℃程度高いことがわかる。



第3図 上昇変位度と厚さの関係

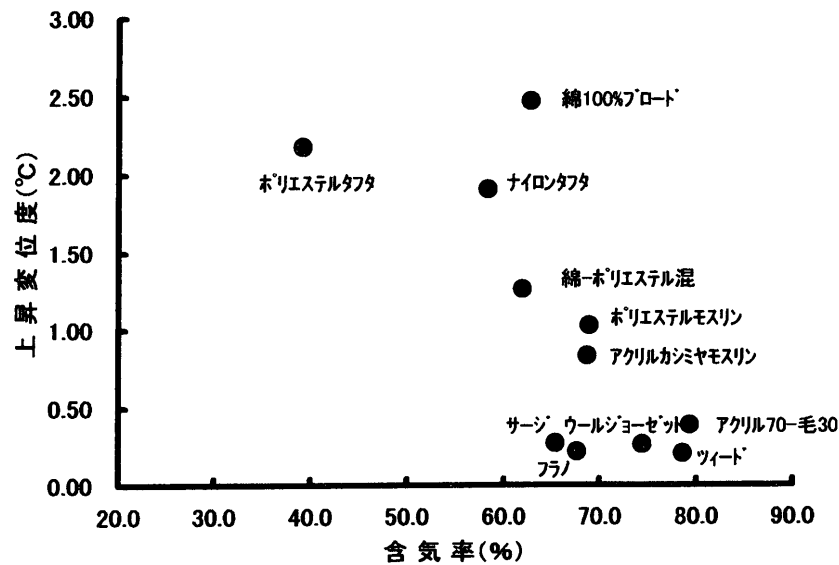
図中の試料名称は略称であり、正式名称は以下の通りである。

綿100%ブロード	: 綿100% #40ブロード	カシミアモスリン	: アクリルカシミアモスリン
P-100%タフタ	: ポリエステル100%タフタ	アクリル70% 毛30%	: アクリル70% 毛30%(綾織)
N-100%タフタ	: ナイロンタフタ	ジョーゼット	: ウールジョーゼット(平織)
C/Pブロード	: 綿35%:ポリエステル65%#40ブロード	サージ	: サージ(毛-綾織)
P-100%モスリン	: ポリエステル100%モスリン	ツィード	: ツィード(毛-平織)
		フラノ	: フラノ(毛-平織)

第1図によれば摩擦開始10秒後には両者とも穴あき、破れ現象が現れることが示されている故に、ポリエステルが混紡されたことにより、温度上昇が小さくなった結果を示唆するものであり、同じ含気率でもその気孔形態の違いや、相乗効果によるものと推察される。

第3図には表面摩擦による温度上昇がその裏側の温度上昇を引き起こしている結果となり、直接試料の含気率と関係があるとはいえず、上昇変位度と含気率の散布図として示した。(摩擦開始時の表面温度即ち室内温度を出来るだけ同じくしたが、この試料の摩擦表面がどのくらいの温度に上昇したかは測定できず、試料内部を通過して、その裏側の温度を測定しているものである)

含気率と結果としての内部の上昇変位度には上に記した綿100%ブロードのような例も見られるが、全体的な傾向として含気率が大きくなると温度上昇は小さくなると推測される結果を示している。ナイロンやポリエステルのような合成繊維のフィラメント使いの薄手織物は含気率が小さく上昇変位度は大きい。合成繊維のスパン糸使いやその混紡品の上昇変位度は、概して合成繊維のフィラメント使いの薄手織物と含気率の高い毛織物との中間にあることがわかる。これは先に厚さとの関係で見た場合とほぼ一致するが、含気率も厚さを考慮して算出される故、当然の結果でもある。



第4図 上昇変位度と含気率

#### IV 結 語

温度の上昇度合いと熱の移動という面から、摩擦による被服材料への影響について若干の検討を加えた。摩擦板のエメリペーパーと被服材料との摩擦による織物の昇温過程や上昇変位度は熱伝導性の問題であり、これは繊維素材の相違による影響は小さく、その内部に包含される空気量とその空気のあり方（直通気孔形態、不定形気孔であるか）、さらにその織物の厚さに大きく影響されることが、より明らかとなった。したがって紡績糸かフィラメント糸かまたそれら糸の撚りや織物組織の違いによっても異なることになる。概して含気率の低い、薄手のフィラメント糸からなる合成繊維織物においては摩擦面から対側の外部への熱移動速度が速かつ上昇変位度が大きかった。このことは外気温が低い場合など、放熱が促進されやすいことを示唆するものと考えられた。また毛織物では不定形気孔の存在や厚さがあること、含気率の高いこと等も影響してか熱の移動速度が遅かつ上昇変位度が薄手のフィラメント糸からなる合成繊維織物と比較して小さい。このことは先の薄手のフィラメント織物に比べ、温度上昇も緩やかかつ熱発生も小さいことになるが、放熱速度を緩和し、保温性を維持するのに寄与していることを示唆するものでもあり、また厚手のものほど摩擦を受けた場合、内部への熱移動は伝達され難くなり、温度の上昇も起こり難くなると推察された。

なお今回は温度そのものの値を示さず、上昇変位度のみの観点から検討したが摩擦子として用いたエメリペーパーの粒度の問題とともにさらに検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) ミズニューズリリース：摩擦熱で破れにくい光沢素材、2002. 2
- 2) 工業規格 JIS L 1096 (1999)、JIS L 1076 (1992)
- 3) 木藤 半平、西沢 信：繊維製品入門 第2版 三共出版 1992