

スポーツウェアの快適性

堀 内 雅 子

群馬大学教育学部家政学研究室

(1987年9月11日受理)

Primary Factors of Comfortable Sweat Shirts

Utako HORIUCHI

Department of Home Economics, Faculty of Education, Gunma University

Maebashi, Gunma 371, Japan

(Received Sept. 11, 1987)

Abstract

To clarify the primary factors of the comfortable sweat shirts, we examined the relations between physiological responses and clothing comfort of the sweat shirts made from three different materials (A: 100% cotton, B: 55% cotton and 45% polyester, C: 45% cotton, 55% polyvinyl chloride). Students (3 men, 3 women) belonging the athletic club examined every sweat shirts, respectively. They kept quiet for 10 min, then exercised treadmill running for 15 min followed by resting for 15 min. The time dependent changes of the skin temperature and the changes of the temperature and the moisture at the air phase between the clothes and the skin were simultaneously determined and recorded continuously throughout the experiments. These results were compared with the replies submitted to the questionnaires on the clothing comfort by the subjects of the experiments.

Both of the temperature and the moisture at the air phase during and after the exercises were least when examined wearing "sweat shirt B" ($B < C < A$); correspondingly, "sweat shirt B" was felt to be the most comfortable to wear ($B > C > A$). The moisture caused by perspiration might be easily transferrable through the cloth of "sweat shirt B", consequently, the temperature and the moisture inside the cloth raise a little. As the result, the comfortable sweat shirts should be made from the materials by which moisture is easily transmittable to cause the thermal diffusion.

I. はじめに

従来、スポーツというと実業団・学生等のスポーツを連想する位のもので、一般大衆が日常的に行うものとは考えられなかったが、現在は健康指向が強くなったことに加え、余暇時間の増加等があり、庶民が日常的にスポーツを楽しむようになった。それに伴い、スポーツウェアも多種多様となり、素材や性能は一定の高いレベルまで到達したと言われる程となった。

しかし、本学学生に対するアンケート調査¹⁾の結果でも、運動時、トレーニングウェアによって不快感を経験した者は、上衣で35%、下衣で60%と高率を占め、決して、満足されているわけではない。

着心地の良い快適な衣服とは、体温調節機能や運動機能の良い衣服であり、かつ、精神的にも着装者が満足できるものを指すと思うが、これら全てを満足させることはなかなかむずかしいと思う。しかし、その中の1つ、つまり、運動時の生理衛生機構の面から考える時でも、満足させる条件について繊維素材との関係から検討した報告は非常に少ない²⁾。

そこで、本研究は発汗を伴うような運動の場合に、着衣の材質の違いによって、生理的な変化や着用感に、どのような違いが表れるのか、快適性の要因は何かを知る為に、スポーツウェアに多く用いられている綿100%のもの、ポリエステル・綿混のもの、そして透汗性が良いと言われているポリ塩化ビニル繊維を裏側に、そして綿を外側に用いたもの、計3種のトレーナーを用いて実験し、運動に適した素材を見い出すべく検討した。

II. 方 法

被験者は大学陸上部員、男女3名づつ計6名である。テスト時の服装は、上衣はトレーナーのみ(女子はブラジャー着用)とした。トレーナーのデザインは丸首、長袖とした。下衣は被験者が日常使用しているスポーツウェアの下衣とし、他はソックス、スポーツシューズを着用したが、上衣のトレーナー以外は毎回同一のものを着用した。

トレーナーに使用した素材及び物理的特性を表1に示す。以下に記す着用試験も含め、全て、洗濯済みのトレーナーを用いての結果である。

着用試験の時間帯は、同一被験者同一時間帯となるようにし、週2~3回実施した。なお、被

表1 トレーナーの繊維素材と物理的特性

トレーナーの種類		A	B	C
材質 (%)	表	綿 100	ポリエステル 55	綿 100
	裏		綿 45	塩化ビニル 100
重さ (g/m ²)		219.1	213.4	234.7
厚さ (mm)		1.20	1.15	1.00
含気率 (%)		88.1	86.9	84.0
吸水性 ¹⁾ (mm)	タ テ	120	92	94
	ヨ コ	107	85	89
透湿率 ²⁾ (%)		39.1	43.0	40.7
保温率 ³⁾ (%)		18.2	18.0	18.5

1) バイレック法による

2) 蒸発カップ法による

3) JIS L1005による。20℃で1時間後の保温率

験者には、材質についての知識を一切与えないようにした。又、着用試験の方法は以下の通りである。

入室、センサー装着、安静10分→走運動15分→休憩15分

室内条件：20℃、45% RH

走運動条件：斜度0°のトレッドミル走

男子 7～9 km/h 女子 5～6 km/h

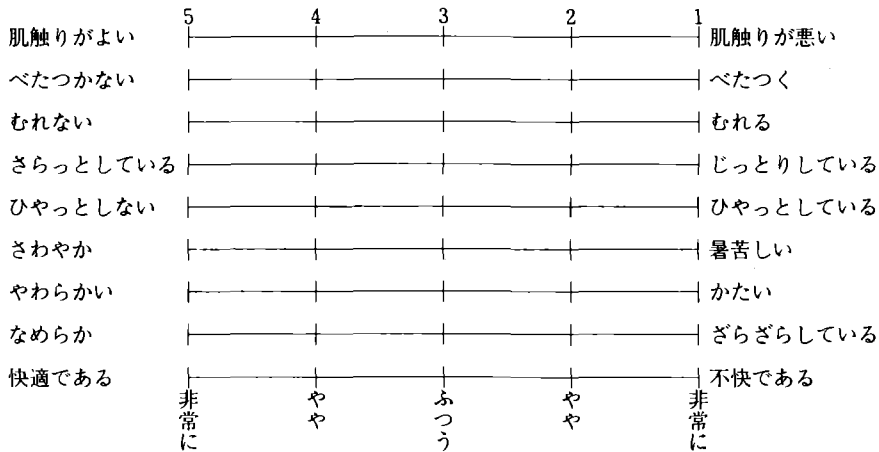
男女共、走る速度に幅があるが、一人一人については毎回同じ速さになるよう心がけてもらった。

測定項目および方法は以下の通りである。

1. トレーナーの着用感

着用感は表2に示すような9要素について質問法により、運動開始7分後、運動終了直後、休憩後に5段階評価で回答を求めた。

表2 着用テストの要素と得点



2. トレーナーの重量変化

運動実施前後の重量差により、トレーナーへの付着汗量を求めた。

3. 皮膚温

皮膚温（背部、側腹部、腋窩、胸部、上腹部）をマイクロメモリーコーダTX3006（日本工学KK）を用いて、30秒毎に測定した。これらの単純平均をもって皮膚温とした。

4. 衣服最内層および服上の温湿度測定

側腹部衣服最内層の温湿度および同一部位トレーナー上の温湿度を温湿度データストッカー（神栄KK）を用いて30秒毎に測定した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 皮膚温の変化

トレーナーを着用し、運動した時の皮膚温変化の1例を図1に示す。測定部位により、異なった皮膚温変化を示しているが、全体的に言えることは運動開始により皮膚温が一旦低下し、発汗が始まる運動開始10分後から徐々に上昇し、運動終了直後ピークに達する。そして、休憩中に、

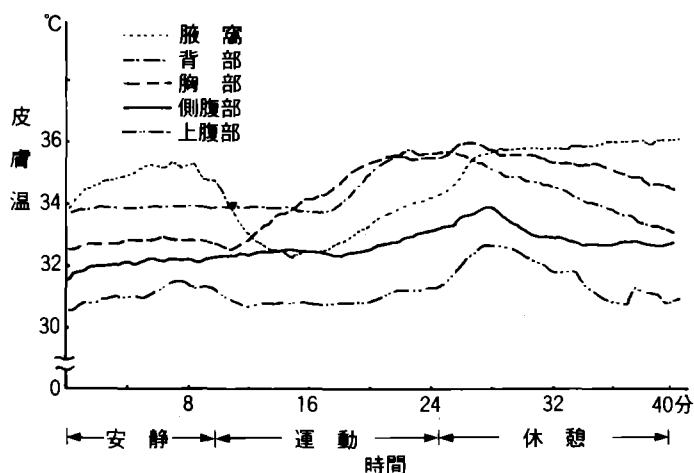


図1 運動による皮膚温変化

徐々に低下をする傾向にある。図1の被験者以外でも同様皮膚温変化の傾向を示すが、上昇皮膚温部位に個人差がみられた。この為、皮膚温の検討に際しては、上記測定部位全ての皮膚温を平均して皮膚温とした。

表3に示すように、平均すると皮膚温の変化は非常に小さく、有意差も認められなかった。しかし、わずかの差

とは言え、トレーナーAを着用することにより、常に皮膚温が高くなることがわかる。休憩13分後でみると、トレーナーB、Cでは、まだ皮膚温の低下が続いているのに、トレーナーAは低下傾向を終え、上昇に向っている。トレーナーBとCを比べるとBの方が低下傾向が大であり、このことより、Bは放熱させ易い材質なのではないかと推察できる。これらの結果は花田らの行った綿とポリエステル製のランニングシャツでの実験結果⁹⁾とよく一致している。花田らは、ポリエステルシャツ着用による皮膚温低下の理由として、シャツと肌との間、つまり、衣服最内層の間隙をあげている。綿シャツ着用の時は、吸汗したシャツが走運動によって揺動し、衣服間隙が多くなるのに対し、ポリエステルシャツの場合は、皮膚に密着し、衣服間隙が少なくなるという。この為、空気層の厚さの大となる綿シャツは保温性が大となり、皮膚から熱を奪いにくい状況を呈すと結論づけているが、著書の行った実験では、ポリエステル100%の材質でないことや布地が厚いことの為、発汗後も、トレーナーが肌に密着することはなかった。それにもかかわらず、ポリエステルが含まれている

ことにより花田らと同一傾向を示すというのは、後述する透湿性に関係するものと思う。

表3 平均皮膚温の変化

トレーナーの種類	運動開始時	開始10分後	休憩13分後
A	33.39℃	33.23℃	33.26℃
B	33.31	33.13	33.02
C	33.27	33.25	33.10

2. 衣服最内層および衣服表面の湿度変化

着用試験中の衣服最内層の温湿度測定結果のうち、安静時も含め、5測定時点の湿度変化を図2に示した。また、試験開始17, 20分(以上, 走運動中) 28, 38分(運動終了後)の各測定結果について、平均値の差の検定を行い、更に、服上の湿度28分の測定結果についても差の検定を行った。衣服内の温湿度変化では、表4、図2のように、トレーナーAは運動時、温湿度とも他に比べ、高くなる傾向にあり、むしろ暑いことがわかる。特に運動強度の

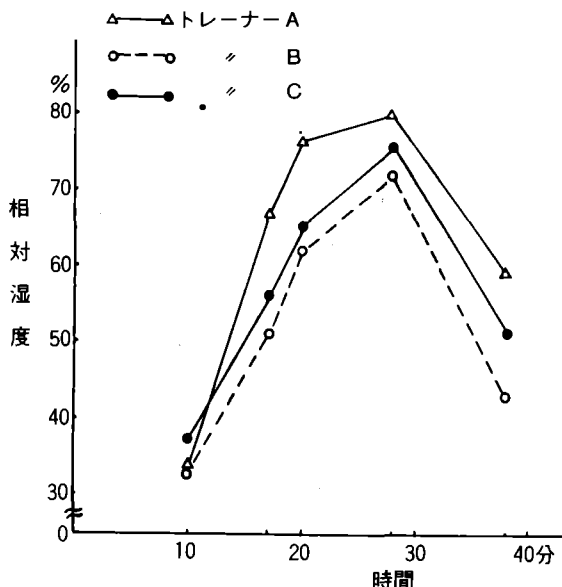


図2 衣服最内層の湿度変化

強い男子のみにつき、20分、つまり、運動開始10分後でみると、他のトレーナーを着用した時に比べ、温度で3度以上、湿度で11%以上の差がみられる。表1より、衣服自体の保温性は3種のトレーナーとも、ほぼ同程度なのに、温度で3度以上の差がでるとするのは、前述の皮膚温の結果と同一理由、つまり、次に述べる透湿性に関係し、透湿による気化熱放散が原因と思う。

表4の試験開始28分後の服表面湿度でみると、トレーナーBが一番湿度が高くなっている。更に表4のように、男子のみではなく、被験者全員について衣服内外の湿度差を検討したものが図3である。衣服内外の湿度差が少ないのは男子のみの場合と同様、Bであり、Bは内側の水分を外に移行させやすいと言える。また、この結果は、表1に示した物性試験の結果とよく一致している。

これらの結果をトレーナーの付着汗量との関係でみてみる。付着汗量の平均はトレーナーAで19.83g、Bで14.25g、Cで14.83gであった。衣服への付着汗量が多ければ、衣服からの蒸発が

表4 被服内および服上の温湿度

		トレーナーA		トレーナーB		トレーナーC		t検定		
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	A-B	B-C	C-A
全員	衣服内温度20分	28.2	0.6	25.9	0.4	26.4	0.4	※※		※
	湿度38分	52.8	6.2	42.4	2.2	49.4	2.6		※	
男子のみ	温度20分	29.2	0.9	25.8	0.6	26.0	0.7	※※		※
	湿度17分	66.8	5.9	50.9	2.9	57.1	3.2	※		
	湿度20分	76.5	5.2	62.0	3.0	65.3	3.3	※		
	服上湿度28分	66.1	1.7	68.2	4.7	59.5	1.5			※

温度：℃
湿度：%RH

※※：P<0.01
※：P<0.05

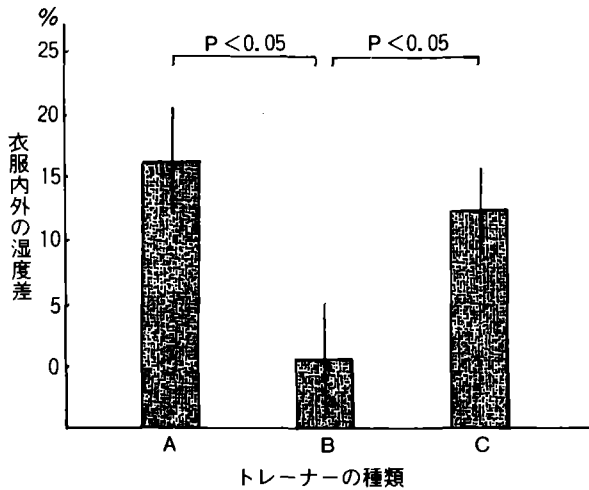


図3 休憩中（実験開始28分後）の衣服内外の湿度差

ある為、衣服表面の湿度も当然高くなり、その結果、衣服内外の湿度差は逆に、少なくなると思うが、トレーナーAの場合、付着汗量は一番多いのに湿度差は大きくなっている。これより、トレーナーAは透湿が悪く、一旦、吸湿、吸水した水分を蒸散させにくいことがわかる。まは、トレーナーCの汗量はBとほぼ同程度なのに、湿度差はBの方が少なく、トレーナーCは透湿が少ないといえる。トレーナーBとCの材質は、共に疎水性繊維を半分近く含むという点では共通しているが、違いはBは混紡、Cは二重織という点である。トレーナーCのように内側が疎水性繊維の場合、一旦、吸汗したものはメーカーの言うように⁴⁾、外側を構成する親水性の綿に水分を移行させるかもしれないが、外側を構成しているのが綿のみだと、トレーナーAの場合と同様、綿部分に水分が保持されてしまい、その結果、蒸散が遅くなり、湿度差としては、むしろ、トレーナーAに近いものとなったと考えられる。

以上より、透湿性の良い、むれない衣服とするには、トレーナーBのように、親水性繊維と疎水性繊維の混紡にするとか、多層構造糸アルザス（東洋紡績KK）のような工夫をするのが良いと考えられる。

3. 着用感の評価

着用感の評価で非常に良い～悪いを5～1点と配点し、各々の測定時点毎に総合点を求め、これと個々の着用感との相関を求めた。

運動中（運動開始7分後）と運動終了直後では、各項目毎に比較的良好に相関している。また、全時点において被験者が「快適である」と答えた場合、他の項目でも良い評価を与えている。このことより、快適性は総合点との相関が特に良く、この快適性の項目1つで全体的評価と捉えてもよいようである。

従って、着用感の評価の良い悪い

表5 着用感と総合点との相関（ $r \geq 0.6$ のもののみ）

着用感 \ 総合点	運動中	運動終了直後	休憩後
肌触り	0.6433	0.7720	
べたつき	0.6514	0.7188	
むれ		0.7252	
ぬれ	0.8103	0.7747	
冷たさ	0.6549	0.6300	0.8382
さわやかさ		0.7484	0.7389
やわらかさ	0.6037		
感触			
快適性	0.6422	0.8088	0.6267

表6 着用感の要素別得点

トレーナー の種類 着用感	運 動 中			運 動 終 了 直 後			休 憩 後		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
肌触り	3.750	4.250	4.167	3.167	3.833	3.583	3.583	4.083	4.250
べたつき	4.083	4.083	3.917	2.917	3.250	2.917	3.667	3.833	4.000
むれ	3.167	3.417	3.083	3.000	3.250	3.000	4.250	4.333	4.333
ぬれ	3.667	4.000	3.917	3.167	3.000	3.000	3.750	3.750	3.583
冷たさ	4.083	4.500	4.500	4.167	4.333	4.167	3.250	3.583	3.333
さわやかさ	2.833	2.917	3.083	3.500	3.667	3.000	3.833	3.750	3.500
やわらかさ	4.333	4.500	4.417	4.167	3.833	4.500	4.417	4.000	4.583
感 触	4.167	4.167	4.583	3.750	3.500	4.250	4.083	3.833	4.333
快適性	3.417	3.417	3.083	3.250	3.583	3.500	3.167	3.833	3.583
平 均	3.722	3.917	3.861	3.454	3.583	3.546	3.778	3.889	3.944

は、総合点、または快適性の項目で判断するのが妥当であろうと思う。以後、全体的には「快適性」の質問項目を重視し、検討を進めたい。

表6に着用感の要素別得点を示した。トレーナー毎に平均値の差の検定をしたが有意差は認められなかった。しかし、運動終了直後と休憩後の傾向をみてみると、快適性に大きく関係する肌触り、べたつき、むれ、ぬれの評価が運動終了直後は悪くなっているが、休憩後はこれらの評価がかなり向上している。それに対し、運動終了直後はそれ程、感じられなかった冷たさが、休憩により、急激に感じられるようになり、評価は低下している。全体的傾向はこのようであるが、トレーナー毎にみると、トレーナーAは常に評価が低く、Bは休憩後の評価がCに比べ、低いというものの、平均して良い評価を得ている。トレーナーCの裏側に用いられている塩化ビニル繊維は、前述したように、それ自体は吸湿しないが、透汗性は良いと言われている繊維である。その為、運動終了後、濡れた服に接して、冷たさを感じ易いような着用条件には、最も適する材質と言われているが、着用感の評価は上記のように、むしろ、ポリエステル・綿混のトレーナーBの方が良かった。これは組成が疎水性繊維でも毛管現象で水分移動があるとはいうものの、肌側が疎水性繊維のみだと、肌に付着した汗の吸収が親水性繊維を含むものに比べ、悪くなるので、皮膚表面には多くの汗が残ることになり、冷たさを感じる率が高くなったことが原因と思われる。

布自体を充分浸水させた後、軽くしぼったものを接触させた場合の接触冷感感は塩化ビニル繊維製のものは非常に冷感が少ないことから考えて、トレーナーCのように塩化ビニル繊維を使うというのは快適性を得るためには良い考えかもしれないが、その場合も、毛管現象がより速くなるよう織組織を変えたり、混紡を考えたりして、透湿、透汗速度を速めるよう工夫する必要があると思った。

次に、これら着用感にどのような項目が影響を及ぼしているかを因子分析、重回帰分析で検討を行った。発汗が最も多くなる運動終了直後の結果を表7、8に示す。表7は第3因子まで求めた結果であるが、第1因子のプラス方向には水分に関連する快適性の項目が集まっている。第2

表7 運動終了直後の着用感—因子分析

		1 因子	2 因子	3 因子
因子 負 荷 量	肌触り	0.805998	0.124286	-0.099661
	べたつき	0.757286	0.225585	0.415163
	むれ	0.872235	0.178850	-0.286365
	ぬれ	0.851183	0.011750	-0.175323
	冷たさ	0.526990	-0.360056	0.715380
	さわやかさ	0.814278	0.056044	-0.185261
	やわらかさ	0.176834	-0.912227	-0.029274
	感触	0.051267	-0.919157	-0.226445
	快適性	0.855703	-0.098702	-0.051910
固 有 値	固 有 値	4.4153	1.9180	0.8960
	寄 与 率	49.1(%)	21.3(%)	10.0(%)
	累 積 %	49.1(%)	70.4(%)	80.3(%)

表8 運動終了直後の着用感—重回帰分析

	偏回帰係数	標準偏回帰係数
肌触り	0.1120	0.1521
べたつき	0.0080	0.0123
むれ	0.4400	0.5325
ぬれ	-0.0905	-0.1282
冷たさ	0.1450	0.2394
さわやかさ	0.1720	0.2075
やわらかさ	0.0140	0.0234
感触	0.0730	0.1102
定 数 項	0.4128	

重相関係数 0.8197

決定係数 0.6719

さ」であることがわかった。このように快適性といっても、どのような状況で衣服を着用するかによって、主たる要因が変わることがわかった。また、トレーナー毎に快適と判断する因子に差はあるか、男女差はあるか等を知る為、属性別重心を調べたが、特に差は認められなかった。強いて言えば、運動強度の低かった女子がむれ、ぬれなどの生理的快適性に良い評価を与える傾向があることと、トレーナーBが同様、良い評価を受けていて、生理的快適因子が多いと言えよう。異種トレーナー間では冷たさを感じやすいもの、むれを感じやすいものなど違いがあるのではないかと考えたが、この点は、明らかにできなかった。

IV. ま と め

材質の異なる3種のトレーナーを6名の被験者が着用し、恒温恒湿室内でトレッドミル走を行った。その時の衣服内温湿度・皮膚温などの生理的変化および着用感の変化を調べ、以下のことがわかった。

因子のマイナス方向は、感覚的に捉える第一印象のイメージ項目がある。従って、表7から、快適性の要因は快適性項目と同傾向のぬれ、さわやかさ、むれ、肌触り、べたつきがあげられる。これら各要因と「快適性」との相関は0.55~0.72と比較的よい相関を示していた。また、これら要素の中、とくに快適性という目的

的要因に貢献するものは何かを知るため、検討したのが表8である。標準偏回帰係数から「むれ」が一番目的的要因に貢献していることがわかる。以上より、運動終了直後の快適性は「むれ」が主要因であると言える。

同様方法により、運動開始7分後と休憩後についても検討を試みたところ、運動開始7分後の快適性の要因は「むれ」「さわやかさ」であり、休憩後は「冷たさ」

1. 運動中および休憩後の皮膚温・衣服最内層温湿度をみると、運動中の皮膚温において、トレーナーAが、Cより一時、低い値を示していることがあるが、他は全て、 $A > C > B$ の順であった。特に、休憩後の皮膚温において、トレーナーA着用では、他と違う反応を示した。つまり、他2種のトレーナーでは、休憩終了時でも、まだ皮膚温低下が続いているのに、トレーナーAの皮膚温は、既に上昇を始めていた。又、運動中の衣服内温湿度を男子のみでみると、トレーナーAは他に比べ、温度で3度、湿度で11%RH以上高い値を示した。
2. 着用試験における衣服内外の湿度差および蒸発カップ法による透湿性試験結果は、湿度差でトレーナー $A > C > B$ 、透湿性試験で $A < C < B$ の順であった。湿度差が小さいということは、衣服内の湿気を衣服外によく透過させているということであり、両者の結果はよく一致している。

透湿性が大きいと蒸発による冷却効果が大きくなるので、この結果は上記1の結果とも、良い一致を示していると言える。

3. トレーナーA、Cのように綿組成部分があると、綿繊維が水分を保持してしまい、蒸散速度が遅くなる。特に、綿100%のトレーナーAは、その傾向が大きくなる。蒸散を速めたい時には、親水性繊維のみ、あるいはトレーナーCのように表部分のみ親水性繊維といった組成をとらず、トレーナーBのように混紡をした方が良いと思う。
4. 快適性を左右する主要因は、運動中では「むれ」「さわやかさ」、運動終了後では「ぬれ」、休憩後は「冷たさ」であり、一言で快適性と言っても、着用条件によって異なった因子により影響されていることがわかった。

以上のことより、3種のトレーナーの中では、トレーナーBが最も運動時の快適性を得やすく、次いで、C、Aの順であることがわかった。一般に汗を吸いやすい綿素材のものが良いように、言われているが、運動時着用となると産生熱の放散、発汗による水分の吸収・蒸発が静止時より問題となり、これをうまく処理できるものが快適と感じられるものと思うので、綿100%のものは、この点で失格と思う。このように考えると水分透過性が良いと言われる繊維も今回使用したような二重織では、上記快適条件の全ては満たすことができなかったので、混紡を考えるなり、毛管現象を促進させるよう、織り方を考えるなり、工夫をする必要を感じた。

終わりに、トレーナーを提供して下さった帝健KKおよび実験に御協力いただいた佐藤美樹・村山操・群馬大学陸上部員の諸氏に深謝致します。

引用文献

- 1) 佐藤美樹・村山操：昭和61年度卒業論文
- 2) 三野・田中・弓削：デサントスポーツ科学1巻，pp. 116 (1981)
花田・三平・長井・大橋：デサントスポーツ科学5巻，pp. 46 (1984)
登倉・山下・緑川：デサントスポーツ科学5巻，pp. 102 (1984)
浅見・跡見・山本・八田：体育学紀要（東京大学教養部体育研究室）18巻，pp. 61 (1984)

- 浅見：体育学紀要（東京大学教養部体育研究室）20巻，pp. 36（1986）
- 3）花田・三平・長井・大橋：アサントスポーツ科学5巻，pp. 46（1984）
- 4）帝人株式会社：TEVIRON TECHNICAL INFORMATION
繊維学会編：新しい衣料素材——基礎データと試料 pp. 129 文化出版局（1984）