

心理学的・生理学的効果から見た スポーツウェア機能デザインの最適化

大妻女子大学 梶 原 莞 爾
(共同研究者) 同 近 藤 智 佳
香港理工大学 Y i L i

Optimal Generic Design for Functional Sportswear from the Viewpoint of Psychological and Physiological Effects

by

Kanji Kajiwara, Chika Kondo

Otsuma Women's University

Yi Li

Hong Kong Polytechnic University

ABSTRACT

Many functional fabrics such as vapor-permeating/water-repellent fabric and anti-bacteria fabric are commercially available. Especially sweat-absorbing/quick-dry materials are widely used for sportswear, which claims to provide comfortable wearing atmosphere while exercising. Since the sweat-absorbing/quick dry mechanism is based on the different principles in each functional fabric, the resulted wear may not function properly when used in combination with other wears. In this report, 11 functional fabrics are tested with respect to their physiological characteristics including moisture management and thermal properties, and the subjective (psychological) test is conducted on the various combinations of upper and under wear made of respective functional fabrics. The results indicate that the effect of the intermediate air layer between upper and lower wears should be taken properly into account for a generic design of sportswear in order to fully utilize the potential of the functional fabrics.

要 旨

透湿撥水や抗菌といった多くの機能性布帛が市場に出ている。とくに吸汗速乾素材はスポーツウェアに多く用いられており、それらのウェアは運動中も快適な衣環境を保持するといわれている。しかし吸汗速乾の機構は布帛により違った原理に基づいており、これらの布帛の組み合わせを間違えると必ずしも期待する機能を発揮しない場合もある。本報告では、11種の吸汗速乾機能性布帛の湿水分マネジメント特性や熱特性といった生理的な特性をテストすると同時に、これらの布帛で作成した運動（野球ならびにサッカー）用の上着、下着をいろいろな組み合わせで重ねて着用し、官能テストを行った。結果を比較することにより、機能を十分に引き出すためには、上着と下着の間の空気層の効果を考慮し上着・下着を総括的にデザインすることが必要であることがわかった。

緒 言

速乾透湿機能性繊維として多くの清涼繊維素材が開発されている¹⁾。その素材を基にスポーツ用機能性衣服が作られているが、期待される効果を十分発揮しているとは云いがたい。繊維特性から布帛特性を予測し、さらに最終製品である衣服の着用状態でその特性が設計通りになる技術的指針はない。通常スポーツウェアは単独で使用するのではなく、下着と重ねる場合が多い。上着だけ着る単一層の場合、熱や蒸気は皮膚表面から布帛を透過して直接外部へ放出されるが、下着をつける二層構造になると二層に間に空気層を含むため熱や蒸気の透過・吸収の仕方は異なるだろう。そのため下着と上着をそれぞれ独立に設計すると期待する機能が発揮できないことになる。本研究では水分移動および熱移動に関する布帛特性を出来る限り正確に評価し、その布帛を用いて作製した下着ならびに上着の着用テストを行い、着用感と布

帛の水分・熱移動特性に相関があるかどうかを確かめる。

1. 研究方法

1. 1 湿水分移動特性

MMT（湿水分管理テスター）を用いて布帛の湿水分移動特性を評価する。評価は「とくに良い（excellent）」、「非常に良い（very good）」、「良い（good）」、「普通（fair）」、「悪い（poor）」の5段階で10項目、即ち布帛表面の湿水分移動特性4項目（Top wetting time, Top absorption rate, Top max wetted radius, Top spreading speed）、布帛裏面の湿水分移動特性4項目（Bottom wetting time, Bottom absorption rate, Bottom max wetted radius, Bottom spreading speed）、布帛表面から裏面への湿水分移動特性（One-way transport index）1項目ならびに総合湿度マネジメント（Overall moisture management）について行う。結果は図1に示される湿水分移動に関する布帛特性図で視覚的に表されるが、この図より最終的に布帛の湿水分移動特性を総合的に判断する。具体的には布帛面における湿水分の時間変化を測定することによりそれぞれの項目が定量的に評価でき、その値から湿水分移動に関する布帛特性図が作成される。

1. 2 布帛熱特性

布帛のQ-max（布帛と接触する皮膚の間の最大熱流）および熱伝導度を測定し、布帛の熱特性を評価する。Q-max値が高いほど肌に触れたときに移動する熱量が大きく、従って清涼感があるはずである。

1. 3 着用テスト

温度・湿度センサーを体の4箇所（胸上・腹・背中上・背中下）に取り付け、温度25℃、相対湿度60%の気候の中で指定の下着、上着を着用した状態で自転車（O2INTAKE21）を下記のメニ

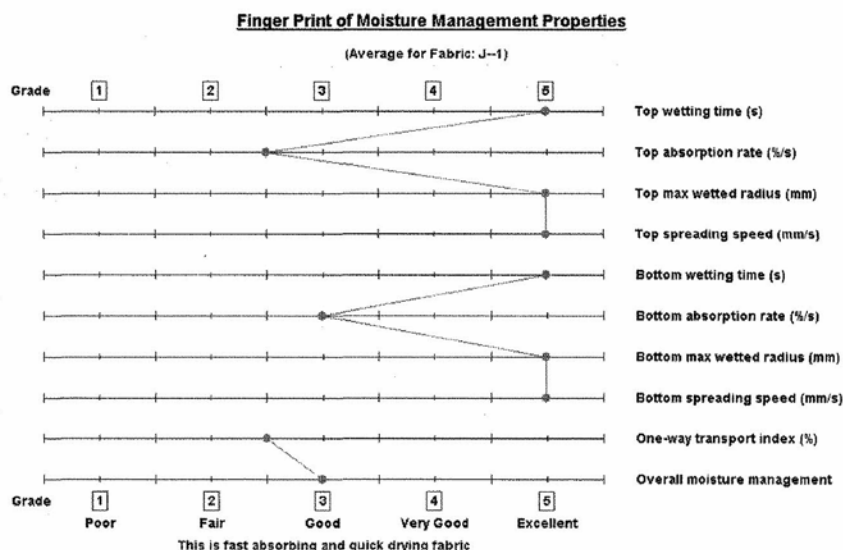


図1 布帛の湿水分移動特性 (布帛 No.1)

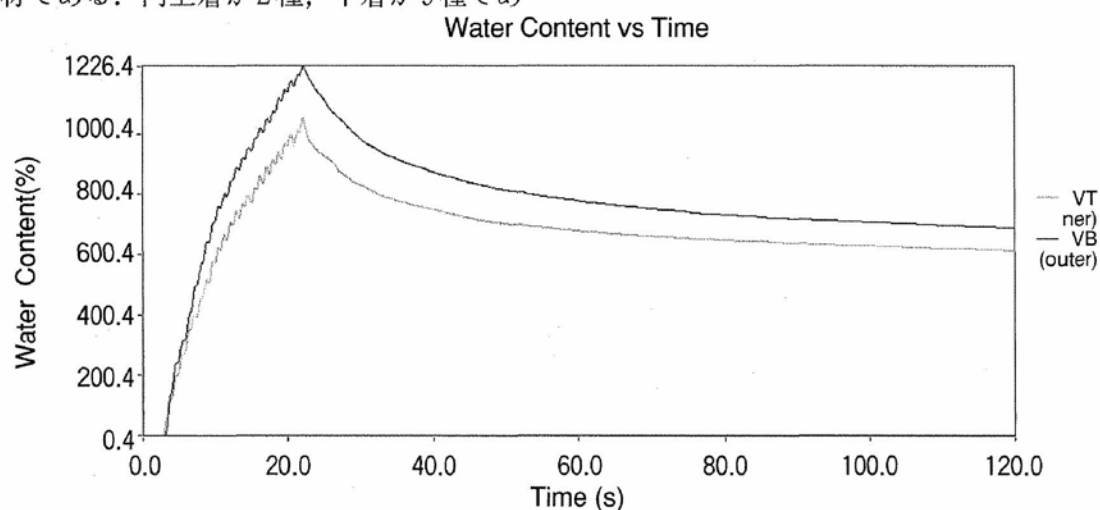
ユーに従って漕ぎ、その後着用感アンケートを課した。着用感アンケートでは、軽さ、動きやすさ、肌触り、さらっと感、蒸れ、速乾性、快適感について5段階評価を行った。被験者は21歳から24歳の健康な女子5名である。

1.4 試料

11種の布帛をテストに供した。いずれも吸汗速乾素材である。内上着が2種、下着が9種であ

人工気候室での実験メニュー

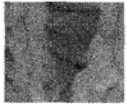
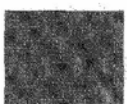
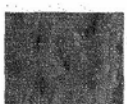
時 間	人工気候室 (25℃, 60RH%) 実験メニュー
測定開始	イスに座って10分安静 アンケート①
10分後	運動開始
15分後	運動5分後 アンケート②
20分後	運動10分後 アンケート③
25分後	運動15分後 アンケート④
30分後	運動20分後運動終了 アンケート⑤
40分後	安静10分 アンケート⑥
40分後	外に出て アンケート⑦
50分後	安静10分 アンケート⑧



	Top Surface	Bottom Surface
Wetting time (sec)	2.191	2.51
Absorption rate (%/sec)	50.934	60.741
Max wetted radius (mm)	30.0	30.0
Spreading Speed (mm/sec)	9.45	9.2701
One way transport capability	102.9992	
Description	MMT-200605Fabric JPN 1test01	

図2 布帛面における湿水分の時間変化 (布帛 No.1)

表1 試料の詳細ならびに表面写真（左等倍，右100倍）

布帛No.	布帛名称	繊維組成と特徴		
1 (A)	野球用上着	ポリエステル100% 疎水性のため速乾で，かつメッシュ構造により開口部より水分を放出。		
2 (B)	野球用下着	ポリエステル80%，綿20% 凹凸表面で皮膚との密着度を軽減，綿によりある程度吸汗。		
3 (C)	サッカー用上着	ポリエステル100% 野球用上着と同様であるが，網目は詰まっており体に密着する。		
4 (D)	サッカー用下着	ポリエステル60%，綿40% 凹凸表面により皮膚との直接密着を軽減し，綿により吸汗。		
5 (E)	DOW XLA	ナイロン66%，ポリエステル16%， DOW XLA（ポリエステル+ポリオレフィン系特殊糸）18% 軽量ストレッチ素材。		
6 (F)	VENTCOOL	アセテート系特殊編み構造 湿潤時に編目が開き湿気を放出。		
7 (G)	HYGRA + LUMIACE（交編）	ナイロン/吸水ポリマー（芯）+ポリエステル 芯部の吸水ポリマーが湿水分を吸収するが，繊維表面はナイロンであるためドライ感を保つ。		
8 (H)	LUMIACE/PLA	表：ポリエステル（異型断面）51%，裏：ポリ乳酸49% 異形断面ポリエステル部は毛細管現象によりすばやく水分を吸収。		
9 (I)	PLA	ポリ乳酸100% 疎水性であるが水拡散性は良好。		
10 (J)	PLA/Cotton	表：綿，裏：ポリ乳酸 表地は綿で吸湿性があるため，水分はすばやく表面へ移動する。		
11 (K)	PLA+Cotton（混織）	ポリ乳酸50%，綿50% ブレンド生地，綿により吸汗効果。		

るが，上着はプロ仕様の野球用ならびにサッカー用，下着は野球用市販品，サッカー用市販品，ならびに吸汗速乾性機能性繊維を使用した7種の布帛を用いて野球用下着と同型の下着を作製し着用テストに供した。試料布帛の詳細を吸汗速乾機構とともに表1にまとめる。試料上着，下着の概略を図3に示す。

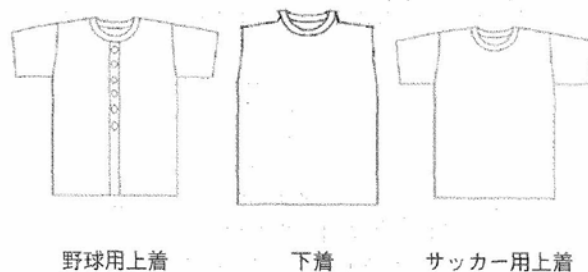


図3 テスト用上着，下着の概略図

2. 結果と考察

2. 1 湿水分移動特性

湿水分移動特性の結果を表2、表3にまとめる。表3は各項目を5段階評価したものである。この結果から、いずれの布帛も吸汗速乾素材であることが分かる。ポリ乳酸繊維の場合、単独ではさほ

い。この2種の布帛ならびにポリ乳酸・綿混紡布帛（布帛 No.11）は湿水分の一方方向透過性から見て湿気マネジメントに優れた布帛であるといえる。

2. 2 熱特性

熱特性の結果（表4および図5）を見ると熱伝

表2 各種布帛の湿水分移動特性

布帛 No.	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
Top wetting time (s)	2.19	3.16	4.17	3.97	2.95	4.93	4.57	14.98	3.97	14.99	7.97
Top absorption rate (%/s)	50.93	55.02	54.71	74.92	45.48	70.88	63.36	167.71	72.05	49.02	97.03
Top max wetted radius (mm)	30.0	25.0	30.0	40.0	20.0	30.0	45.0	10.0	40.0	25.0	20.0
Top spreading speed (mm/s)	9.45	5.90	9.25	5.24	5.35	6.02	6.30	9.56	5.98	1.87	2.96
Bottom wetting time (s)	2.51	4.16	4.77	3.45	2.95	4.57	4.43	47.55	2.73	14.13	9.47
Bottom absorption rate (%/s)	60.741	54.546	54.977	57.929	42.250	52.451	58.025	343.92	53.09	105.11	89.48
Bottom max wetted radius (mm)	30.0	25.0	29.0	20.0	25.0	20.0	45.0	40.0	40.0	25.0	30.0
Bottom spreading speed (mm/s)	9.27	4.92	5.16	5.25	5.02	9.72	6.91	2.79	6.09	1.77	4.77
One-way transport index (%)	103.00	-104.4	-79.59	-209.5	44.3	-199.3	-24.93	898.90	-71.14	454.15	434.75

表3 各種布帛の湿水分移動特性5段階評価

布帛 No.	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
Top wetting time (s)	5	4.5	5	5	5	5	5	3	4.5	2.5	3.5
Top absorption rate (%/s)	2.5	3	3	3.5	3	3.5	3	5	3.5	2.5	3.5
Top max wetted radius (mm)	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3.5	4
Top spreading speed (mm/s)	5	4.5	5	4	4	4.5	5	1	4	1	2.5
Bottom wetting time (s)	5	4	5	5	5	4	5	2.5	4.5	3	3.5
Bottom absorption rate (%/s)	3	3	3	3	3	3	3	5	3	4	3.5
Bottom max wetted radius (mm)	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
Bottom spreading speed (mm/s)	5	4	4	4	4	2.5	5	2.5	4.5	1.5	4
One-way transport index (%)	2.5	1	1	1	2	1	1.5	3	1.5	4.5	4
Overall moisture management	3	2	2	2	2.5	1	2.5	3.5	2	4	4

ど際立った湿水分移動特性を示さないが、吸汗速乾性ポリエステル繊維や綿と組み合わせると非常に優れた湿水分マネジメント機能を発揮する。とくに興味を引くのはポリ乳酸（裏）と吸水性ポリエステル（表）の2重構造布帛 No.8 やポリ乳酸（裏）と綿（表）の2重構造布帛 No.10 で、裏と表の湿水分移動特性が著しく違うため他の布帛と異なる挙動を示す（図4参照）。表地と裏地の水分拡散の時間差が大きいため、水分移動に著しい異方性が生じる。このため湿水分移動特性の5段階評価において表地の水拡散速度が1であるという結果になった。これはポリ乳酸が疎水性であるにもかかわらず、水分拡散性に富むことによる。また表地が吸水性に富むため、裏地の濡れ速度が遅

導度はポリ乳酸繊維が幾分悪いもののほとんど差はないが、Q-max はアセテート系布帛 No.6 とポリ乳酸繊維を含む布帛 No.8、布帛 No.10、布帛 No.11 が大きく、これらの布帛が着用時に冷たい感じを与えることになる。ポリエステルは意外と暖かい感じを与え、とくに野球用下着に使用されている綿混生地が最も暖かい感じを与える。しかし Q-max の効果が現れるのは着用初期のみで、運動中の熱発散には布帛の熱伝導度が高いほど良いと考えられる。今回テストした布帛では布帛間の熱発散特性にほとんど差はなかったが、セルローズ系を含む布帛は熱伝導度が高く、熱発散には有利である。

表4 熱特性

布帛No.	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
Q-max (W/cm ²)	0.079	0.073	0.098	0.080	0.081	0.107	0.089	0.102	0.076	0.100	0.091
熱伝導度 (W/m k)	0.050	0.047	0.042	0.046	0.044	0.050	0.046	0.043	0.037	0.053	0.051

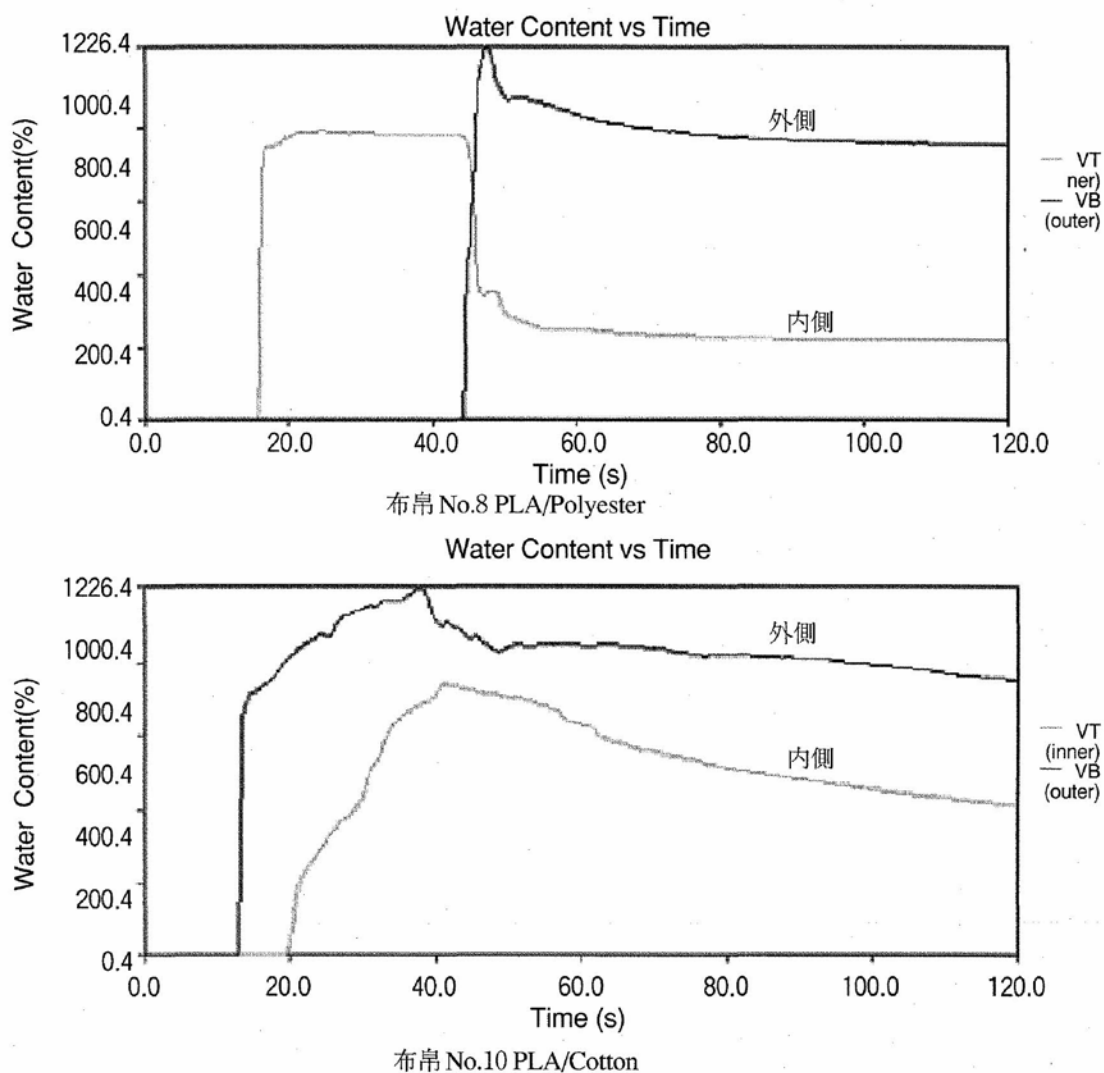


図4 布帛面における湿水分の時間変化 (布帛No.8およびNo.10)

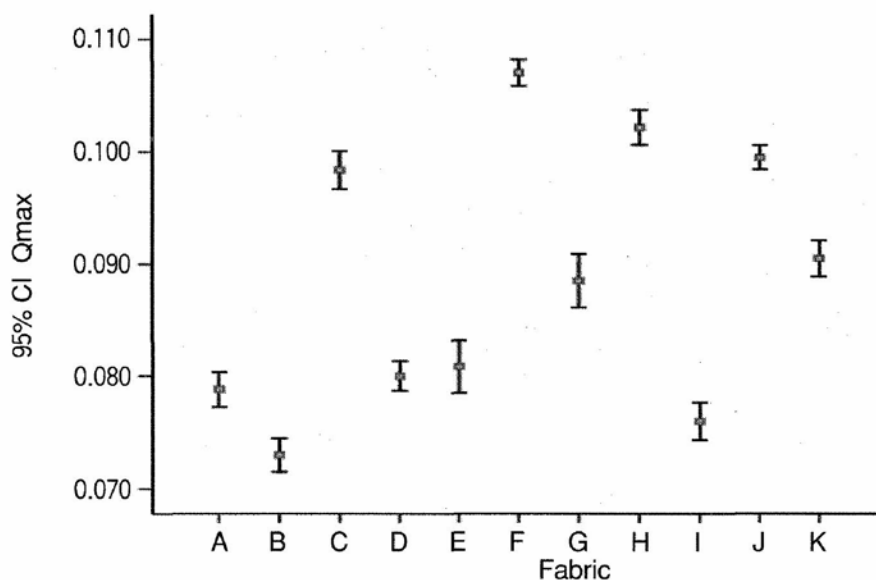


図5 布帛面における湿水分の時間変化 (布帛No.8およびNo.10)

2. 3 着用テスト

着用テストの結果、総合的には上着が野球用であってもサッカー用であってもさほど変わりなく、下着としては布帛No.9（ポリ乳酸100%）が最も好評で、次いで布帛No.2（野球用下着；ポリエステル80%，綿20%）であった。ただし野球用上着はサッカー用に比べて密着度が小さいため快適感は相対的により良い傾向になった。布帛

No.6（アセート系）は肌触りが特有であるためか湿水分移動特性や熱特性が良いにもかかわらず不評であった。また単独着用では布帛No.4や布帛No.7が良い評価を受けている²⁾。

着用テストの結果と官能テストと合わせて詳細に検討するために、上着・下着の組み合わせによる運動時の温度・湿度の変化と官能テストの結果を図6にまとめる。ここでは温度、湿度は4箇所

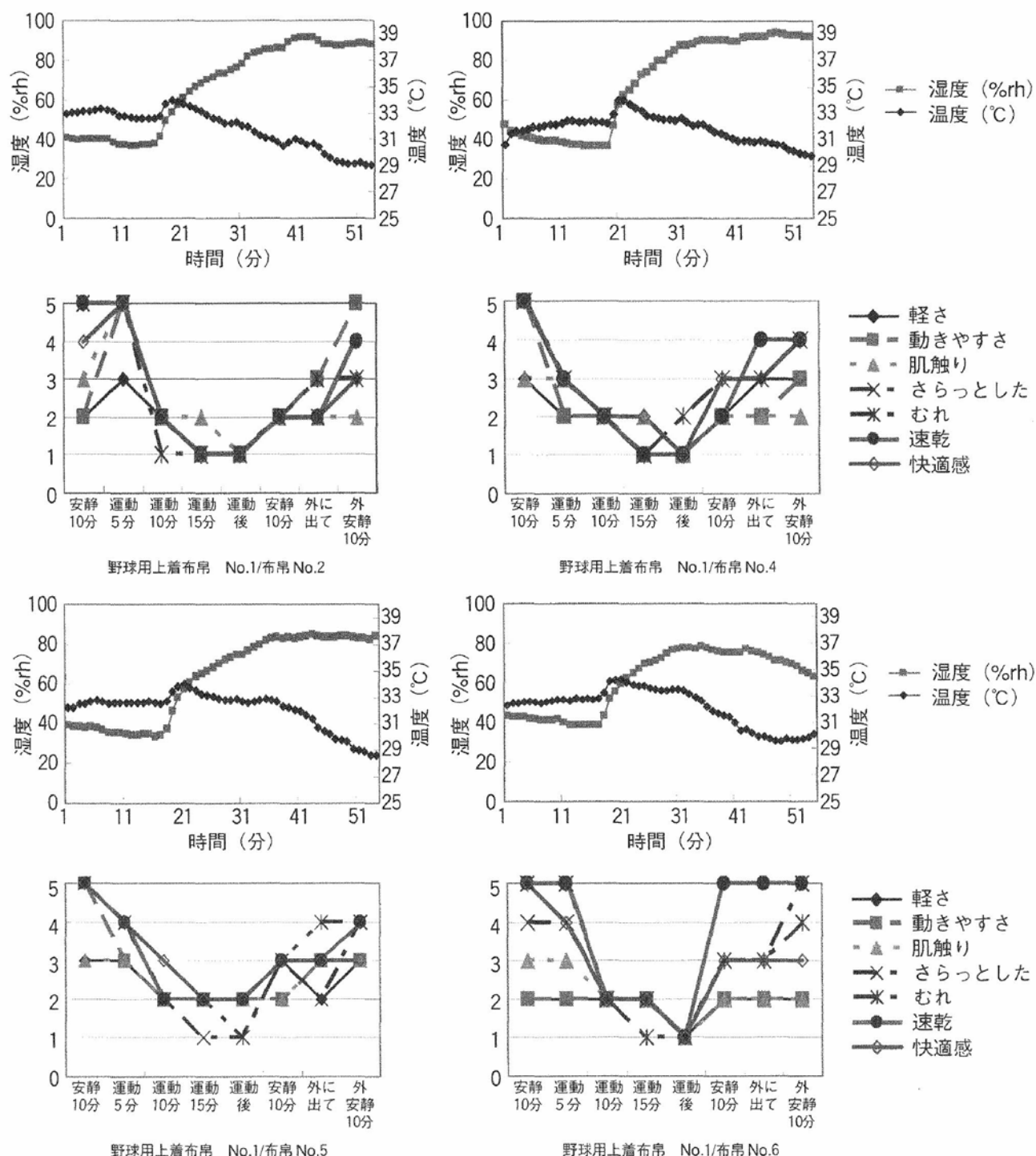


図6-1～4 運動時の衣服内温度・湿度変化ならびに官能テスト

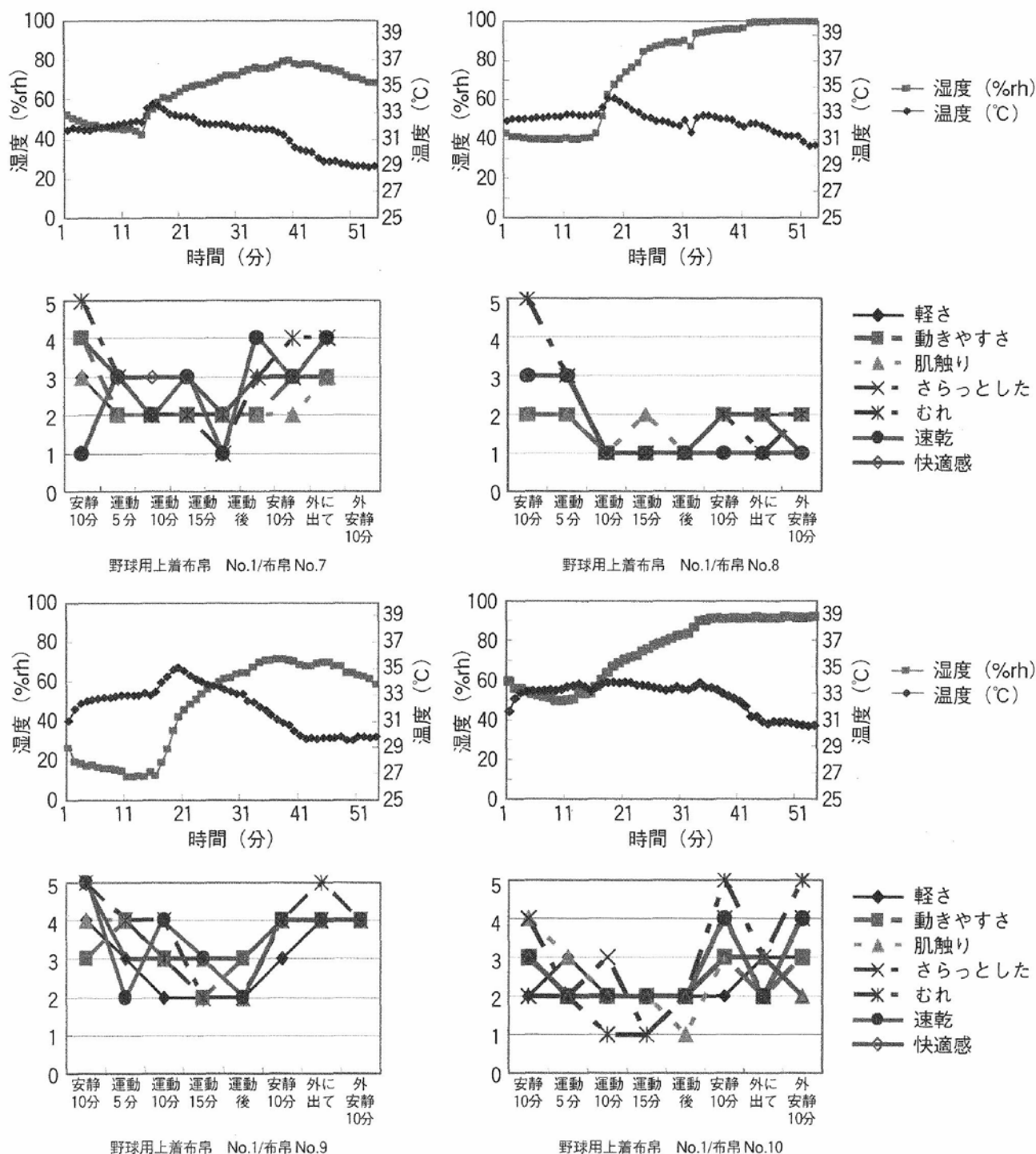
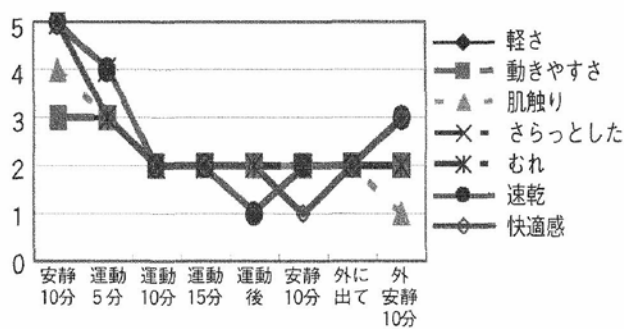
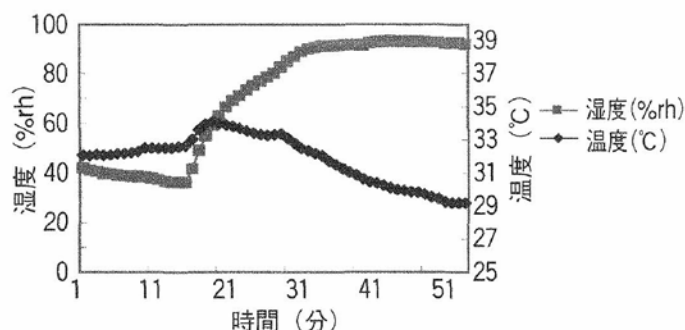


図6-5～8 運動時の衣服内温度・湿度変化ならびに官能テスト

の平均を取り、代表的な一名の結果を示す。野球用上着とサッカー用上着による差はあまり認められなかったため、図6には野球用上着の結果に限定している。総合官能評価では下着に布帛No.9（ポリ乳酸100％）を使用した場合に評価が高かったが、布帛No.9と同様な衣服内温度・湿度変化を示す布帛No.6の総合評価は低い。官能テ

ストでは布帛No.6の動きやすさに問題があり、動きやすさは布帛と皮膚の密着性に起因すると思われる。この密着性はアセテート系という素材の本質的な問題なのか、特殊網目構造に拠るのかは現時点では分からない。被験者は布帛No.6の着用時暑いと感じているが、測定された衣服内温度は他の布帛に比較してとくに高いとはいえない。た



野球用上着布帛 No.1/布帛No.11

図6-9 運動時の衣服内温度・湿度変化ならびに官能テスト

だ運動時と安静時の速乾性の差が極端に現れることと、肌触りが余りよくないことが影響している可能性がある。布帛No.6を例外と考えると、衣服内湿度の上昇が抑えられるほど着用性能が良いと感じられている。吸汗性能の高い下着は単独で使った場合好評であるのに反し、上着を重ねることにより中間空気層の部分に湿気がこもり、不快と評価されることが多い。つまり布帛No.8、布帛No.10、布帛No.11は綿あるいは高吸水型ポリエステルを含むため水分が直接外部へ放出されず、一旦トラップされた水分により中間空気層の湿度がほぼ100%となるため不快な着用感を与えることになる。布帛No.9はポリ乳酸100%で吸水能力はなく、汗を直ちに中間空気層面へ拡散し、上着を通して蒸発することにより衣服内湿度は低く抑えられる。布帛No.4は吸水ポリマーがナイロンで覆われているため、いったん吸水されると容易に蒸発せず、結果として衣服内湿度が低く抑えられた。吸水能力が高く（自重の約35倍吸水可能）、今回の運動量の範囲内では運動中の汗はほとんど吸収されたと考えられる。

3. まとめ

上着と下着を重ねて着用する場合、下着に吸水性の優れた素材を使用すると上着と下着の間にある空気層のため湿気が衣服内に留まる結果となった。つまり吸汗速乾素材は単独使用では運動用快適素材として優れた効果を発揮するが、下着に使用した場合吸汗効果のために水分が衣服内に留まり、逆に不快感を与えることになる。ポリ乳酸のように水拡散性がよく且つ疎水性であれば、汗は素早く下着表面へ移動し、さらに上着を通して外気中へ発散される。単独で快適素材として優れた機能を発揮した布帛No.8（表：吸水性ポリエステル、裏：ポリ乳酸）や布帛No.10（表：綿、裏：ポリ乳酸）の構造を考えると、下着としては単層構造で水分を素早く表側へ移動させるものが良く、肌に密着しないために編み構造による凹凸をつけることが効果的であろう。上着は下着表面の水分を吸収し外気側へ移動する必要がある。上着、下着を独立に設計した場合、中間空気層に水分がトラップされ、下着、上着の機能性が逆に働く場合があることを注意してスポーツウェアを設計しなければならない。とくに下着に吸汗性能がよい素材を使用する場合は布帛構造に注意を要する。肌触りが心理的には快適性に大きくかかわっていることから、肌密着面に凹凸をつける等布帛表面構造を工夫することにより素材の機能性以上の快適効果が出ると考えられる。

謝 辞

本研究に助成を頂いた（財）石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚くお礼申し上げます。

また、官能実験データの収集・解析に協力していただきました野木麻里子さんに厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 梶原莞爾, スポーツにおけるハイテク繊維の応用, デサントスポーツ科学, 19, 16 (1998)
- 2) 篠田真衣子, 学位論文「快適性の向上を目指したスポーツウェアの開発」, 大妻女子大学家政学部 (2006)