

スポーツ衣料と繊維機能化との融合

信州大学	大口正勝
(共同研究者) 同	森川英明
同	上條正義
東洋紡績(株)	石丸園子
同	河合貴美子

Fusion of Technologies for Sports Clothes Development and Fiber Functionalization

by

Masakatsu Ohguchi,
Hideaki Morikawa, Masayoshi Kamijo
Faculty of Textile and Technology
Shinshu University
Sonoko Ishimaru, Kimiko Kawai
Toyobo Co., Ltd., Research Center

ABSTRACT

This report reviewed the past, present and future of functionalization of sports clothes. At an early stage of synthetic fibers, functionalization of fibers started as simple imitation of functions of natural fibers. This situation was changed by appearance of new materials and technologies, which enabled the synthetic fibers to have more sophisticated functions and even sensitivities. Recently, invention of innovative technologies such as supercritical carbon dioxide and nano-fibers have been collecting attention for their capability to generate more advanced functional fibers.

Provided that we will construct information delivery system and on-demand design and production system between users and manufacturers, we will see the advent of more advanced functional sports clothes such as wearable fashion made of smart-textiles. It should be noted that the technologies and systems established in the process of developing the sports clothes may find other applications such as medical and nursing clothes.

要 旨

スポーツ衣料として、スポーツを実施する活動服を対象にした。主として合成繊維に対する化学的、物理的機能化について技術開発の経緯をレビューしたうえで、“これからのスポーツ衣料”として今後を展望した。

合成繊維の機能化は天然繊維の機能を模倣するところからスタートしたが、新しい素材や技術の開発にともなって、精緻な機能と感性を伴うものづくりに進んできた。最近では超臨界二酸化炭素やナノファイバー技術など、新たな高次機能化につながると考えられる新技術が生まれてきている。

今後は、スマートテキスタイルによるウェアラブルファッションなど超高次の機能性スポーツ衣料の開発に進むであろう。この際に製品の生産者側から使用者側への適正な情報提供システムの構築や、使用者と生産者との対話型オンデマンド設計生産システムの構築が必要であると考えられる。スポーツ衣料の機能、それを達成する技術、情報システムは医療・介護衣料にも適用できる。

緒 言

人はかつて、飢餓を避けるために狩猟や農漁業で身体を激しく動かしていたが、近年の便利で快適な生活のため、人の身体運動能力は減少傾向にある。一方で人の飢餓対応遺伝子は持続しており、運動不足は肥満や成人病の根源になっ

ている¹⁾。こうした中、我が国は「スポーツ振興基本法」、「健康日本 21」などで国民の体力向上を図り、スポーツ環境の整備充実や国際競技力の向上を推進しており、人々のスポーツへの関心は高い。

本稿ではスポーツ衣料の機能化について述べるが、スポーティー、カジュアルと言われるファッション的な衣服は除外し、スポーツを実施する活動服を対象とする。スポーツ衣料に求められる機能²⁾として、機械的/生理的/安全性/心理的/耐久性の諸機能があるが、本稿においては生理的機能である快適性を中心に、スポーツ衣料の機能化における経緯を概括し今後を展望する。

1. 調査方法

スポーツ衣料の科学と機能、繊維や繊維製品の機能化、衣類の着心地ないしは快適性などをキーワードに、刊行書籍ならびに専門誌を調査し、著者らの研究成果と合わせて体系化し、今後の方向を考察した。

2. 調査結果

2.1 繊維・衣料の機能化技術とスポーツ衣料

快適で適正な衣料は、装飾目的と身体目的を兼ね備えたものであり、機能としては衣服内温湿度の調節、身体保護および作業効率が挙げられる^{3,4)}。衣服内温湿度とは、肌と衣服との間隙における温度、湿度、気流の状態をいう。衣服

は第2の皮膚といわれ、着用者が衣服による拘束を受けずに動ければ人は自由で快適である⁵⁾。全裸で行われた古代ギリシャの競技が象徴している。衣服の動きやすさに寄与する最大の要因は、人の動きにつれて伸縮する衣服の特性であり、衣服の材質とデザインに依存する^{4,5)}。

衣服の快適性追求は、素材の選択と体型に合わせたデザイン・カッティングから始まり、近年では繊維・衣料の機能化と併せて行われている。

スポーツ衣料においても、素材とデザインおよび機能化が、それぞれ単独で、あるいは複合して取り扱われてきた。この複合機能化の顕著な例が、オリンピック競泳水着の変遷に現れている⁶⁻⁹⁾。そこでは動き易さと水中摩擦抵抗低減を目指し、デザインと機能化とが協奏して挑戦され続けてきた。素材として伸縮性のトリコット地やスパandex繊維が使われ、スリット状の撥水加工、うろこ状の撥水プリント、鮫肌模様などが採用され、ついには2008年の北京オリンピックにおけるスピード社のLZR Racerにつながっている。

デザインやカッティングについてはその分野の専門に譲り、以降には繊維、衣料の化学的、物理的方法による機能化技術について記述する。化学的機能化とは機能性化学物質や化学反応などによる機能化、物理的機能化とは繊維のサイズや形状、混織などによる機能化を指す。

なおスポーツをする人には、健康や娯楽のために楽しむエンジョイ派から競技スポーツをする本格派まで幅広く、種目や季節も関係して衣料に求められる機能も自ずと異なる。体に付けるものの性能によって勝敗が決まるトップレベルの競技スポーツでは、運動機能、流体抵抗低減、軽薄、安全性などに加え、テレビ映りのよい外観も大切になる。生理的快適性は重要であるが、競技によっては犠牲にされることすらある。楽しむスポーツでは快適性や安全性、見映えが上

位に来るだろう。健康のためを思うと筋力増強、姿勢矯正などの機能も求められよう。トップアスリート向けのスポーツ衣料に手を加え、体力増進などを兼ねて汎用的日常的な着衣に利用する場合もある。

スポーツ衣料は、使用目的に応じて設計され開発されることが本来であるが、本稿ではスポーツ衣料にとっての共通課題となる機能について述べる。

2.1.1 これまでのスポーツ衣料機能化技術

衣料用繊維およびテキスタイルの機能化は古くから行われてきたが、とりわけ合成繊維が工業化され普及した1960年代から盛んになった。当初は汗の吸い易さや肌触りなどに優れる木綿や羊毛など天然繊維の機能を模倣するところから始まったが、新合繊、極細繊維や超高強度繊維などの新素材開発や、より高付加価値のための加工技術、高性能染色加工機による高次特化技術の開発、それらの組み合わせなどにより、高度な機能と感性を併せ持つものづくりへと進んできた¹⁰⁾。

合成繊維の機能化は、機能も方法も多様であるが、スポーツ衣料に直接関係する機能とその方法を表1と2にまとめた。

まずは主要な機能である生理的快適性の追求について述べる。快適性の要因の一つとして、汗に由来する水分と熱の移動特性が挙げられる。水分の移動では吸水性（吸汗性ともいう）と吸湿性が重要である。気相水分の繊維への吸着吸収を吸湿といい、編織物の繊維間隙を通過する、あるいは吸湿を経て外部に放湿されることを透湿という。液相水分の布地への吸収を吸水といい、吸湿とは区分して用いる^{11,12)}。

繊維とりわけ疎水性合成繊維に水分移動特性を付与する方法では、親水性繊維との混織や混紡、親水性化合物による繊維表面の親水化、繊維

表1 スポーツ衣料に関係する主として合成繊維の機能とその方法 その1：生理的快適性の追求

要求特性	得られる機能	繊維機能化の方法
水分・熱の移動特性	吸水性	親水性化合物による繊維表面の被覆 親水性高分子を熔融ブレンドして製糸 繊維の異形断面化, 多孔化で毛細管現象発現
	吸湿性	親水性天然繊維との混織, 混紡 親水性化合物を重合, 共重合して製糸あるいは繊維にグラフト重合 繊維にした高分子の官能基を加水分解などで化学変性しイオン化
	透湿防水性	微多孔を有するフッ素系膜を編織物に貼り合わせる(微多孔フィルム法) ウレタン系樹脂を編織物に塗布し脱溶媒で微多孔化(湿式コーティング法) 高密度織物に撥水加工 編織物にエレクトロスピンニング法でナノファイバーウェブ形成
	保温性	中空・多孔繊維や低熱伝導繊維による断熱 体温近傍で固・液相変化する物質の吸・発熱を利用する相変化 人体から輻射される熱を反射するか吸収して遠赤外線として再放出 吸湿性高分子または繊維による吸湿発熱 炭化ジルコニウムなど光を熱変換するセラミックによる蓄熱放熱
衛生特性	抗菌・消臭・防臭	繊維にアンモニウムイオン, 銀イオンなどの陽イオン物質を生成または付与 繊維にキトサンなどの天然多糖類を付与 繊維にフタロシアニン系人工酵素を付与 酸化チタン等の光触媒による変性
	抗アレルギー性	ノンホルマリン加工や化学的無害物質による繊維加工
	防汚性	表面張力の低い化合物による撥水撥油加工

表2 スポーツ衣料に関係する主として合成繊維の機能とその方法 その2：運動機能, 安全性その他の追求

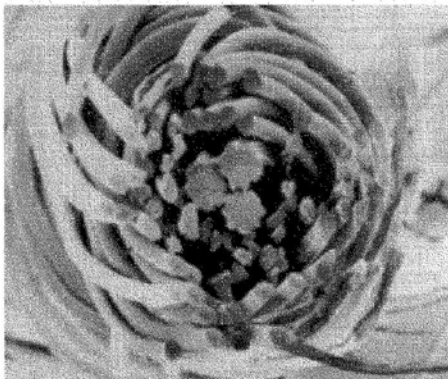
要求特性	得られる機能	繊維機能化の方法
運動機能	流体抵抗低減	スリット状の撥水加工, うろこ状の撥水プリント, 鮫肌模様など 極細繊維による表面平滑化
	伸縮性	糸使いや編み織り構造による調整 スパンデックス繊維の編み織り込み
	軽さ薄さ	中空繊維使用 低比重の高強度ポリエチレン繊維 エレクトロスピンニングによるナノウェブ
安全性	耐切創・擦傷性	超高強度繊維を使用した強化テキスタイル
	耐摩擦溶解性	編織物表面に架橋皮膜形成 平滑材による繊維表面被覆
静電気防止性	まつわり防止, スパーク防止	界面活性剤や親水性化合物による帯電防止(イオン伝導) 金属繊維, 炭素繊維や金属蒸着繊維など導電性繊維の編み織り(電子伝導)
刺激応答発色性	呈色	温度や熱によって色調が変わる染料による変色 繊維の歪と蛍光染料の会合が対応して生じる変色 ナノレベル構造に光が干渉して起こる構造色

の断面異形化あるいは多孔化による毛細管現象発現, これらの組み合わせで吸水性を付与することから始まったが, 近年は異形断面繊維を構成成分とする複合糸あるいは異形断面化と多孔化の併用などで, 肌側から速やかに汗を吸い外部に放出して快適性を得る方法に重心が変わってきている¹³⁻²⁰⁾. スポーツ衣料向けの高吸水速乾性複合糸の構造を, 図1に例示する.

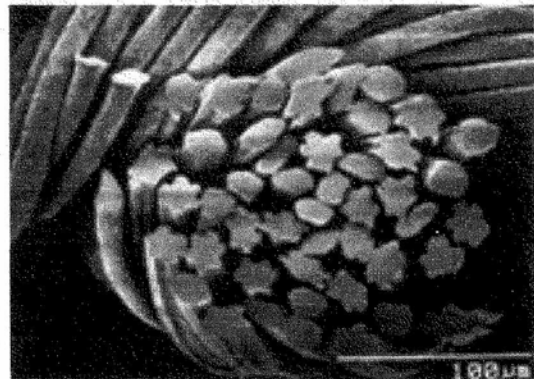
詳細は参照文献に譲るとして2例を示す. 東洋紡のフィラシス¹⁴⁾は最外層と最内層に疎水性

フィラメント, 中間層に親水性天然繊維ステープルを配置した三層構造糸で, 多量の汗をかいても表層から中間層の親水性ステープルに汗が素早く移行して最外層から蒸散するため, 肌離れ性に優れてべとつき感を抑え, 放熱性にも優れるという.

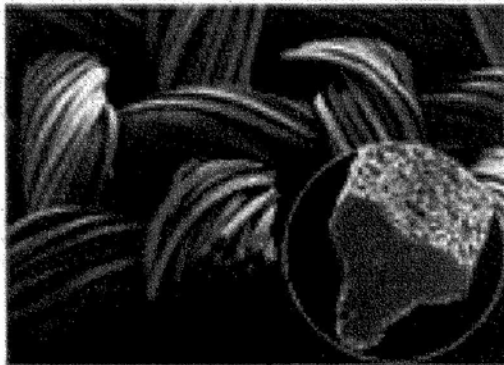
東レのセオ a¹³⁾は丸断面繊維と多葉断面繊維を紡糸混織したもので, 表面積や繊度の異なる単繊維間に配向構造差が発生して収縮差が発現し, さらに仮撚加工段階で糸長差や捲縮位相差が生



東洋紡のフィラシス (異形異種混織)



東レのセオ α (異形異径混織)



帝人のコルティコ (異形多孔)



旭化成のベンセリック (異形異種混織)

図1 異形断面繊維による吸水性複合糸の例
(写真は各社のホームページまたは製品カタログから採用した)

じて“さざ波構造”を得ることができる。この構造がソフトでしなやかな“さらさらしたドライ感”と吸水速乾性を示す。

合成繊維に吸水性だけでなく天然繊維並みの吸湿性を付与することは、開発関係者の夢ともいえるが、これの達成は容易ではない。ナイロン4など極性の高い結合基を多く含む高分子や、ポリエチレンオキシドのような親水性高分子を共重合または溶融ブレンドした高分子からの繊維は吸湿性を示すが、耐熱性、堅牢性や取扱性の低さで実用化には障壁がある²¹⁾。現在実用に供されているものに、1) 繊維断面方向の一部を極性化した吸湿性アクリレート系繊維^{22, 23)}、2) 親水性の高い成分と汎用高分子を接合²⁴⁾あるいは芯鞘型複合繊維²⁵⁾としたもの、3) 汎用合成繊維に親水性高分子をグラフト重合したもの^{15, 21)}がある。概して後加工性や取扱い、製造コス

トなどに課題があるが、一部では課題を克服して普及しつつある。

今後、より実用性に優れた汎用型の高吸水・吸湿性合成繊維の開発が望まれるが、力学特性を担う部分と、吸水・吸湿性の部分とからなる機能分担型の多層構造繊維が中心になると考えられる。

次に透湿防水性である。肌側からの汗水分を外部に放出して衣服内の蒸れを防ぎ、外部からの液状雨滴を浸透させない透湿防水機能は、登山やゴルフなど屋外スポーツのウェアに望まれる機能である。この機能を満足するポイントは、雨滴よりは小さく、直径0.4ナノメートルの水蒸気よりは大きい微多孔を衣料面に多数設けることにある²⁶⁾。フッ素系樹脂膜を編織物に貼り付けた微多孔フィルム²⁷⁾が普及しているが、ウレタン系皮膜で基布を湿式コートして微多孔化し

たもの²⁸⁾、高密度織物に撥水加工したのものも使用されている。最近ではエレクトロスピンングで得られるナノファイバーのウェブを、ナイロン織物上に積層したのもも報告²⁹⁾されており、新技術として注目される。

衣服はもともと体温調節に供され、寒暑に応じて重ね着、薄着で衣服内の快適環境を維持するが、とりわけ寒さから身を守り、運動性も確保するために、軽くて薄い保温繊維製品が開発されている。保温性を得る方法として、表1に示す5つの方法があるが、注目される技術として熱を産生する繊維がある。その一つは繊維の吸湿発熱を利用するもの^{22,23)}で、安静時でも肌から出ている気相水分（不感蒸泄）を吸湿し、その吸着熱によって寒冷下でも保温する発想は優れている。別の一つに、炭化ジルコニウムのように太陽の可視光を遠赤外線に変換するセラミックを用いた蓄熱保温がある。これも特異技術で、芯鞘型異形繊維²⁵⁾や後加工布帛³⁰⁾がある。吸熱・蓄熱・放熱を繰り返す“特殊プロテイン微粒子”を布帛に結合した製品も報告されている³¹⁾。

なお、軽量で保温をうたった中空異形繊維も各種開発され^{10,13,32)}、軽量でパウダータッチ、発色性、紫外線ケアを兼備した中空繊維も開発されている³³⁾。

スポーツ衣料には、衛生特性を付与することも重要である。汗で濡れたスポーツ衣料には細菌が繁殖し、腐敗や発酵で臭気を発し易いため、抗菌消臭または防臭が求められる。表1にこの機能を付与する方法を示した。従来は細菌を死滅させるか増殖を抑えるために、4級アンモニウム化合物、銀イオン³⁴⁾あるいは天然キトサンを用いるものが中心であった³⁵⁾が、近年は酸化金属系化合物^{20,25,36)}や、酸化チタンのような光触媒^{31,37,38)}によって異臭成分を分解する方法が目立ってきた。複素環式窒素硫黄化合物を、

染料のように繊維に吸尽する制菌加工も開発されている³⁹⁾。

繊維製品に酵素モデルであるフタロシアニン系化合物を付加すると、異臭成分の化学的変性による消臭機能に加え、アレルゲンを不活化して抗アレルギー性（消痒性）も発現するため、今後の展開が注目される⁴⁰⁻⁴²⁾。

スポーツ衣料である限り、運動機能の付与は必然である。競泳やスピードスケート、スキー等の衣服では、流体のカルマン渦に抗して抵抗を下げる工夫が続けられてきた⁴³⁾。表2に流体抵抗を下げる方法^{6-9,43)}を紹介した。特殊な撥水加工が機能している。また繊維径がミクロンからナノメートル単位の極細繊維も、流体抵抗を下げることに一役買っている。

伸縮性は糸や生地構造に依存するところ大であるが、セグメント化ポリウレタンを代表とするスパンデックス繊維の寄与が顕著である。

運動機能向上のためには軽さ、薄さも重要である。低比重の超高強度ポリエチレン繊維とともに異形、中空断面または多孔繊維の開発も上述の保温性も兼備して衣服の軽さに貢献している。

安全性の確保では、切創や擦傷からの防護⁴⁴⁾に超高強度繊維⁴⁵⁾の貢献が大きい。スポーツ衣料の外観に関係する色調では、物体のナノレベル構造に光が干渉して生じる構造色⁴⁶⁾、温度や歪みに応じて色が変わる衣服⁴⁷⁾も、目を楽ませる。

スポーツ衣料の機能化では日進月歩の進化を遂げつつ、ニーズと機能との融合が進んでいる。

2.1.2 新しい機能化技術

新たなあるいは進化した機能は、新たなニーズと新たな技術から生み出される。近年、繊維の機能化において注目される新しい技術を以下に示す。

1) 超臨界二酸化炭素による機能化

超臨界二酸化炭素は古くから抽出・分離溶媒として利用されていたが、Schollmeyerら⁴⁸⁾が超臨界流体染色を発表してから、高分子や繊維の加工媒体としての研究が活発になってきた。工業化は今後の課題であるが、その発泡剤としての利用⁴⁹⁾や、それを媒体にした繊維への巨大化合物の含浸と機能化、金属錯体の浸透から進める金属メッキなど、従来技術では達成し難い新機能実現の可能性⁵⁰⁾を秘めている。

2) マイクロ波加熱による機能化

マイクロ波加熱は、極性分子がマイクロ波を吸収して分子振動し熱を出す誘電発熱である。標的物が熱源となるため、熱効率や昇温速度などに優れ、30年以上前から染色などで応用を検討されてきた。温度むらが欠点であったが、センサーの開発によって制御が可能になり、装置のコンパクトさなどと相俟って、その利用が見直されている。

絹糸の微細構造を変化させる研究⁵¹⁾や、疎水性のポリエステル繊維に、親水性の糖類を化学結合させて吸湿性にする研究がある⁵²⁾。

3) 光化学反応による機能化

繊維製品に予め特定の薬液を含浸して高エネルギーの光を照射すると、所期の官能基が導入できる⁵³⁾。これに新しい機能材を反応させると耐久性のある機能化が期待できる。エキシマレーザーによるエッチング現象を利用して、繊維表面を化学的に変性する報告がある⁵⁴⁾。

4) 電子線照射による機能化

繊維などの有機物に電子線を照射すると、電離や励起によって分子内にラジカルを生じ、ラジカル反応による付加重合、架橋、分解、酸化反応などが起こる。繊維に機能性モノマーをグラフト重合したり、架橋して非溶解性にする、消臭機能を持つ光触媒を担持させる、金属吸着性にする、機能性天然高分子を固定するなどが可能になる⁵⁵⁾。

5) 低温プラズマ処理による機能化

プラズマは気体を励起することで生じる電子、イオン、ラジカル、励起活性種および光子からなる。減圧環境で行われる低温プラズマ処理は、これらの活性種により比較的低温で高分子や繊維の表面を改質するもので、1960年代以降、地道に研究されてきた。

絹糸の表面構造変性⁵⁶⁾や羊毛の防縮化、ポリエチレンテレフタレート繊維の深色化、吸水性付与や超高強度ポリエチレンなど表面不活性繊維の接着性改良など検討された⁵⁴⁾が、減圧下での処理が普及を妨げてきた。大気圧下での処理技術が提案されており⁵⁷⁾、繊維表面を機能化する固有技術として今後の展開が期待できる。

6) ナノファイバー技術による機能化

ナノファイバーが、新しい素材および技術として注目される。ナノファイバーは、繊維径がナノメートルレベルのナノサイズファイバーと繊維の内部構造がナノメートルレベルのナノ構造ファイバーとからなり、既存の繊維に対して固有の特徴 [1) 超比表面積効果、2) ナノサイズ効果、3) 超分子配列効果] を有する。詳細は成書⁵⁸⁾に譲るとして、これから実用化が進む段階である。先に透湿防水の項で一例を挙げたが、新しい機能材として、また機能化技術として活用を図って行くべきものと考えられる。

後述するスマートテキスタイル、ウェアラブルファッションを実現する技術でもある。スポーツ衣料に展開できそうな機能材料として、例えば知能的スマート衣料のための高精度センサー、繊維直径が光の波長より短いことによる透明度の高い衣料、ナノオーダー構造で可能になる高強度プロテクター、超軽量衣料、ナノボイドによる保温衣料、細胞認識機能による創傷治療材などが考えられる。

2.2 機能と着心地

衣服の着心地3要素として、原田⁵⁹⁾は衣服内気候(衣服内温湿度)、衣服圧と肌触りを挙げている。このうち上述した水分と熱の移動特性に関わるのが、衣服内温湿度である。

我々が衣服を着用して快適と感じる温湿度範囲は意外と狭い。原田の提唱⁵⁹⁾をもとに田村が示した衣服内気候と着心地の関係⁶⁰⁾を図2に示す。上條ら⁶¹⁾は、人が快・不快感を感じるのは動的であり、快適範囲へ向かう時に快適、不快範囲へ向かう時に不快と感じられることを明らかにした。

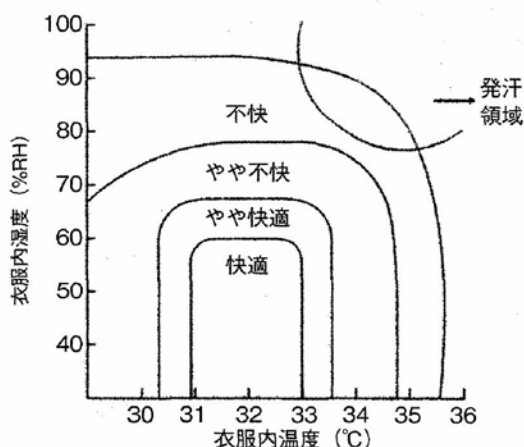


図2 衣服内気候と着心地⁶⁰⁾

運動によって激しく発汗することの多いスポーツ衣料においては、静的で固定した快適・不快領域よりも、動的な感覚の方が実態に合うと考えられる。

一般に吸・放水性、吸・放湿性のある繊維素材を着用した場合、汗水分の肌側から外部への移動がスムーズに行われ、衣服内の蒸れ感は抑えられ快適性が増す。水分移動特性と着心地に関連する研究は少なくないが、図3と4に大口²¹⁾と石丸²³⁾の衣服内湿度に関する研究データを例示する。

衣料の着心地については、衣服内温湿度からの評価だけでなく、衣服圧と肌触りも含めて、生理的・心理的側面からの評価も進んでいる^{62,63)}。

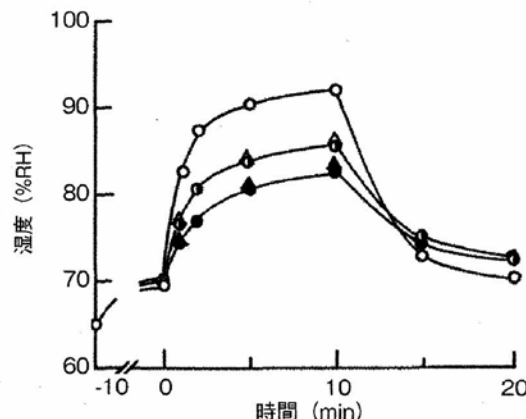


図3 発汗人工衣服内空間モデルにおける湿度変化²¹⁾
○:ポリエステル, △吸湿率3.5%のグラフトポリエステル, ▲吸湿率7%のグラフトポリエステル, ●木綿 密封:10分間

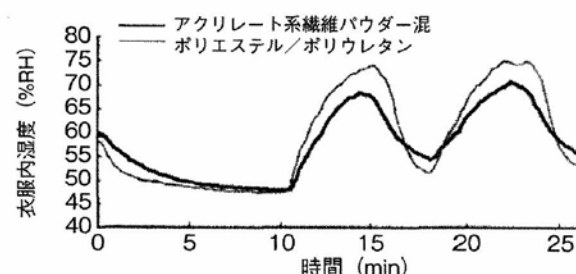


図4 衣服内気候の変化²³⁾
(図中のアクリレート系繊維は高吸湿性アクリレート/ポリエステル=15/18の混織)

2.3 これからのスポーツ衣料

これからも繊維の物理的、化学的機能化技術は、スポーツ衣料の高度化するニーズに合わせて機能を進化させて行かろう。新しい機能化技術が、新たな機能を生みだしましょう。

とりわけ高次機能の次世代スポーツ衣料を実現するのは「スマートテキスタイル」であると考えられる。スマートテキスタイルとは例えば、着用者の生理状態をモニターするファイバーによって体調の検出と是正をすとか、エレクトロファイバーによる運動中の情報交換やエネルギー創出、刺激応答性ファイバーによる衣服内温湿度の能動的調節、状況に応じた運動機能の獲得、などができる高機能衣料である。

競技成績を高める機能では、「より高くより速くより強く」を達するために、状況に即して流体抵抗を下げる衣服や、筋肉の伸縮を支援し持

久力をもたらす衣服圧調整衣などが実現するだろう。自然界の生物，特に動物がもつ機能を徹底的に追及してスポーツ衣料に転化し，快適性も確保する。例えば滑走中の風圧に応じて流線型を瞬時に作りだすスキーウェアとか，水中でウェア表面が超低抵抗になる水着などである。スポーツを楽しむ人のためには，心拍，血流，体温，湿度などを計測して着衣環境を適正化し，無理なく快適に過ごせる衣料である。

すでに具体的事例として，植物の気孔のように温湿度の刺激で繊維間隙を開閉する“呼吸する衣服”が再生セルロース繊維で開発された⁶⁴⁾。また一本の繊維中に電氣的，光学的，熱的機能などをもつ成分を連続あるいは分散させて，繊維自体をデバイス化したナノ構造ファイバーも開発されつつある⁶⁵⁾。図5にそのイメージを示す。

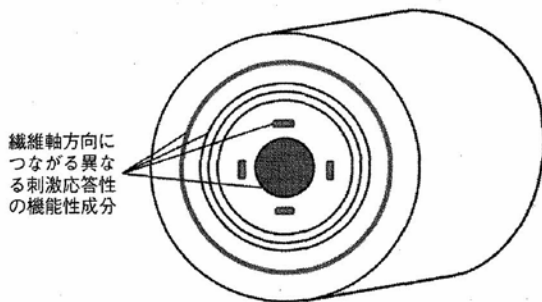


図5 知能的ナノ構造ファイバーのイメージ図
Nature materials Vol.6, 337(2007)参照

このようなスマートテキスタイルによって，安全・安心・快適な社会を実現するウェアラブルファッションを創出できる。ウェアラブルファッションのウェアラブルとは，「実際に服のように着たり，眼鏡や入れ歯のように身につけたりでき，意識しないでも，別の作業をしながらでも自然に使えるようなIT」⁶⁶⁾といわれる。衣服を着用した状態で無意識に電氣的，光学的，熱的刺激などを受発信し，衣服の物理的あるいは生理学的機能を調整または最適化する機能性衣料

とってよい。

これらは不都合要因を取り除いて快適を得るという従来型の快適，すなわち Comfort の追究から脱して，より能動的に Pleasant あるいは Amenity を創り出す次世代機能化である^{67,68)}。

これら機能を如何に実現するかが，これからの研究課題となる。

これまで示してきたように，現在のスポーツ衣料は素材・材料面での衣料機能に重点が置かれ，衣料を提供する立場から開発が進められてきた。ここにスポーツ衣料を利用する人の立場から，人の特性を把握しスポーツ衣料の特性に反映させる仕組みができると，新たな価値が付加された産業になる可能性が生じる。

新しい機能を持った衣料でも，着る人の体形や体質などの人体特質によっては機能が発揮できないばかりか，使用法が適当でないために筋肉を傷めたり，健康を害するケースもあり得る。そのため，スポーツ衣料を正しく着用し使用してもらう必要がある。スポーツ自体からの要求特性と人の生理学的視点からの特性とからスポーツ衣料に必要な情報を，衣料を提供する側から，情報を必要とする使用者に正しく伝える仕組みを構築し，普及させることが求められる。

さらに使用者の体格，体質や嗜好をも考慮し，どんな機能の衣料を作製すれば良いか，スポーツ衣料の使用者と生産者とが対話形式で設計製造する，オンデマンドの衣服設計生産システムの構築が究極の姿として浮上してくる。スポーツ衣料を使用する人と生産する側との双方向の情報交換による最適衣料の開発システムである。上條⁶⁹⁾が提唱する“対話による衣服共創システム”を，図6に示す。

このシステムの開発に必要な要件と，その達成のために開発が必要なシステムとを表3に示す。

スマートファイバーによる高機能高感性のス

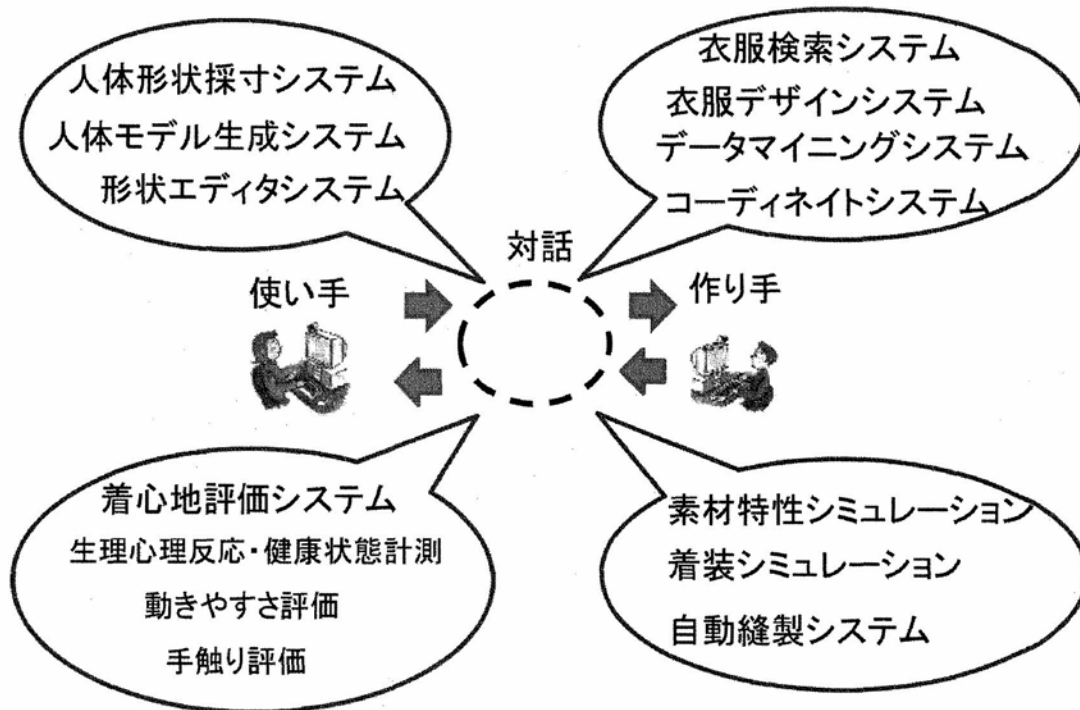


図6 対話による衣服共創システム (上條⁶⁹⁾)

表3 対話型のオンデマンド衣服設計生産システム構築のために必要な要件と開発を要するシステム

項目	内容
対話型オンデマンド衣服設計生産システムの構築に必要な要件	個人対応型衣料生産システムから作り出されるものであること 着衣者の身体機能や特徴を把握したうえで設計製造されるものであること 着衣者の身体機能や特徴を把握するための計測システムが開発されていること 衣料に持たせる機能 (水分移動特性, 衣服圧など) と利用者の健康状態を把握する評価システムがあること
開発が必要となるシステム	個人の体型を簡易に採寸し型紙を作成するシステム 着衣ストレスや健康状態を評価するシステム 着衣刺激 (衣服内温湿度, 衣服圧など) を計測するウェアラブル計測システム 体型や衣料の数学モデルを作成し, コンピュータ上で着心地を評価するシステム

スポーツ衣料になるほど、このきめ細かい対話型のオンデマンド衣服設計生産システムが功を奏することになる。

3. 介護衣服への適用

医療・介護衣料に望まれる機能は、1) 着脱の容易さ、2) 着て楽なこと、3) 明るく楽しい雰囲気、4) 一般の服と変わらない外観、5) 快適な着心地、6) 洗濯、取り扱い易さ、7) 丈夫なことであるという⁷⁰⁾。

こうした介護衣料の要求特性に関する報告は少なくない⁷¹⁻⁷⁹⁾。概して高齢者あるいは身体障害者が如何に身体を動かすか、衣服を脱着し易

いかが大きな課題⁷²⁾であるし、いろいろなストレスを積極的に解消できるかが重要⁷¹⁾で、介護される人の自立に役立つこと、快適であり自分らしさを主張できることが大切⁷³⁾である。そして、衣服づくりには、“体・生活・好み”の三要素から着る人を知る必要がある⁷⁴⁾。

介護衣服の快適性のニーズに応える機能性繊維、衣料として2.1項および2.3項で紹介した多くが該当し適用できる。今後はさらにスマート化、知能化して、望まれる高次なニーズに応じてゆくことになるだろうが、その時にこそ上記の対話型のオンデマンド衣服設計生産システムが活かされる。

4. まとめ

主として合成繊維に対する化学的、物理的機能化について技術開発の経緯をレビューし、“これからのスポーツ衣料”として今後を展望した。

今後は、スマートテキスタイルによるウェアラブルファッションなど超高次の機能性スポーツ衣料の開発に進むことを予測し、スポーツ衣料の生産者から使用者に向けた適正な情報提供システムの構築や、使用者と生産者との対話型オンデマンド設計生産システム構築の必要性を述べた。

スポーツ衣料の機能化に関わる事項は、医療・介護衣料にも適用できる。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、研究助成を賜った公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 樋口満, 福永哲夫. スポーツ・健康科学, p11, 放送大学教育振興会(2009)
- 2) 日本繊維機械学会編, 被服科学総論下巻, 3章, 辻坂新二, p152, 日本繊維機械学会(1981)
- 3) 米田幸雄, 新衣服衛生学, 化学同人(1997)
- 4) 田村照子, 基礎被服衛生学, 文化出版局(1998)
- 5) S. M. Watkins(田村ら訳). 快適な衣服を求めて, 8章, p144, 関西衣生活研究会(1988)
- 6) 薩本弥生, 快適ライフを科学する, p86, 丸善(2003)
- 7) 松崎健, 競泳用水着の変遷, 繊維学会誌, 58, P236(2002)
- 8) 仰木裕嗣, 魔女の水着と魔法の水着, 繊維機械学会誌, 64, 91(2011)
- 9) 小嶋正年, SPEED LZR RACER・水着世界にパラダイムシフトを!, 繊維学会夏季セミナー 2008 in 福井予稿集, p45(2008)
- 10) 横山智, 最近のテキスタイル開発, 繊維学会誌, 58, P287(2002)
- 11) 田村照子, 酒井豊子. 着ごこちの追究, p100, 放

- 送大学教育振興会(1999)
- 12) 大口正勝, 親水性合成繊維の新しい動向, 繊維学会誌, 37, P252(1981)
- 13) 木下直之, 異形断面と複合紡糸技術による高機能原糸, 繊維機械学会誌, 61, 148(2008)
- 14) 高橋正彦, 複合素材「フィラシス」の展開, 繊維学会誌, 62, P268(2006)
- 15) 清水憲治, 東洋紡の合繊親水化技術, 繊維学会誌, 58, P139(2002)
- 16) 出口潤子, 肌に優しい繊維「ベンセリック」の開発, 繊維学会誌, 57, P252(2001)
- 17) 岩鶴寿美ら, 汗処理機能に優れた「Acticot」, 繊維機械学会誌, 54, P329(2001)
- 18) 神山統充, 快適感性素材「コルティコ」の開発, 繊維機械学会誌, 55, P347(2002)
- 19) 鈴木東義, a) 吸水性ポリエステル繊維「ウエルキィ®」, 繊維機械学会誌, 61, 139(2008); b) 原糸改質プラス後加工技術の基本的な考え方と技術動向, 繊維機械学会誌, 61, 123(2008)
- 20) 三浦岳, 消臭・制菌・吸水速乾複合繊維ピオセーフ, 繊維学会誌, 57, P313(2001)
- 21) 大口正勝, 京都大学学位論文「グラフト重合によるポリエチレンタレフタレート繊維の親水化とその繊維性能に関する研究」(1991)
- 22) 荻野毅ら, 吸放湿発熱ウェア「プレスサーモ」の開発, 繊維学会誌, 57, P320(2001)
- 23) 石丸園子, アクリレート系繊維による快適性の追求, 成形加工, 19, 518(2007)
- 24) 西本晃ら, 高吸放湿性機能膜加工商品エアドライブの開発, 繊維学会誌, 59, P344(2003)
- 25) 西村雅樹, 快適ナイロン素材, 繊維機械学会誌, 54, P331(2001)
- 26) 原田隆司, 着ごこちと科学, p54, 裳華房(1998)
- 27) 深沢太香子ら, 着衣の熱・水分同時移動への布の通気性, 透湿性による影響, 繊維学会誌, 54, 443(1998)
- 28) 春田勝, ナノ機能制御膜防水透湿素材「エントラント」, 繊維機械学会誌, 59, 173(2006)
- 29) I. S. Kim et al., “The Effect of Laundering on the Thermal and Water Transfer Properties of Mass-produced Laminated Nanofiber Web for Use in Wear”, *Tex., Res., J.*, 1(2010)
- 30) 馬場俊之, 蓄熱加工繊維「エスサンプル」, 繊維学会誌, 66, P300(2010)
- 31) 嶋野泰尚, 最新の合繊素材の機能加工技術, 繊維学会誌, 58, P228(2002)
- 32) 鈴木東義, ヘルスケア用機能性合成繊維, 繊維機

- 械学会誌, 54, P277(2001)
- 33) 原田敏博, 軽量・紫外線ケア素材「レクチュール」の開発, 繊維学会誌, 57, P224(2001)
- 34) 塩田博考, 化学修飾による機能性繊維の開発, 繊維学会誌, 60, P580(2004)
- 35) 原田隆司, 着ごちと科学, p114, 裳華房(1998)
- 36) 中村知基, 汗におい消臭繊維編物「パーマフレッシィ」, 繊維学会誌, 62, P265(2006)
- 37) 山下則男, 光触媒酸化チタン(マスクメロン型)の繊維への応用, 繊維学会誌, 58, P231(2002)
- 38) 渡辺義弘, 光触媒消臭繊維「セルフクリア」, 繊維学会誌, 66, P308(2010)
- 39) 斎藤公一ら, 制菌加工素材 MAKSPECの開発, 繊維学会誌, 58, P245(2002)
- 40) 白井汪芳, 人工酵素の夢を追う, 米田出版(2010)
- 41) 木村睦ら, 生体防御機能を模倣した機能性繊維, 繊維学会誌, 65, P321(2009)
- 42) 今西修三, 繊維の消臭加工, 繊維機械学会誌, 54, P434(2001)
- 43) 小山義之, スポーツグッズの科学, 裳華房(2002)
- 44) 豊田博士, 防護衣服の現状と今後の展望, 繊維機械学会誌, 56, P299(2003); 金翼水ら, 防護服素材の開発動向, 繊維学会誌, 66, P106(2010)
- 45) 鞠谷雄士, スペシャルティーフाइバー, 繊維学会誌, 66, P82(2010); 頼光周平, ポリアリレート繊維, 繊維学会誌, 66, P86(2010); 大田康雄, 高強度ポリエチレン繊維「ダイニーマ」, 繊維学会誌, 66, P91(2010); 村瀬浩貴, PBO繊維の構造と物性, 繊維学会誌, 66, P176(2010) ほか多数
- 46) 渡辺順次ら, 特集 構造色—生物に学ぶナノ光学材料, 繊維学会誌, 59, P34(2003); 田畑洋ら, 干渉発色繊維「モルフォテックス」の開発, 繊維学会誌, 57, P248(2001)
- 47) 佐藤万紀, 熱・変形で色が変わるポリエステル, 繊維学会誌, 67, P128(2011)
- 48) E. Schollmeyer et al., *Chemie Fasern / Textilid.*, 41, 93(1991)
- 49) 堀照夫ら, 超臨界二酸化炭素を用いた多孔質ポリエステル繊維の調整, 繊維学会誌, 66, 163(2010)
- 50) 堀照夫, 「繊維工業」における超臨界流体の研究開発動向, 繊維学会誌, 65, P77(2009)
- 51) 森川英明ら, 低温冷凍およびマイクロ波加熱処理による柞蚕糸の微細構造と物性変化, 日本シルク学会誌, 13, 91(2004)
- 52) 吉村由利香ら, マイクロ波を用いた繊維加工, 繊維学会誌, 66, P339(2010)
- 53) 大内秋比古, 光化学反応とその繊維加工プロセスへの利用, 繊維学会誌, 66, P324(2010)
- 54) 渡邊博佐, 新エネルギーの繊維加工への応用, 繊維学会誌, 58, P204(2002)
- 55) 奥林里子ら, 電子線照射による繊維加工, 繊維学会誌, 64, P252(2008)
- 56) H. Morikawa et al., Surface Morphology of Low Temperature Argon-plasma Treated Bombyx mori Silk Fibroin Fiber, *J. Silk Sci. & Tech. Jpn.*, 16, 107(2007)
- 57) 近藤義和, 高分子表面講習会講演要旨集, p21(1991)
- 58) 例えば本宮達也, 図解・よくわかる ナノファイバー, 日刊工業新聞社(2006)
- 59) 原田隆司, 着ごちと科学, p9, 裳華房(1998)
- 60) 田村照子, 酒井豊子, 着ごちの追究, p87, 放送大学教育振興会(1999)
- 61) Kamijo Masayoshi et al., *J., Text., Eng.*, 56, 55(2010)
- 62) 西松豊典, 繊維製品の快適性を数値化するためには, 繊維機械学会誌, 63, 433(2010)
- 63) 石丸園子, 心理状態と整理計測値および触刺激との関係について, 繊維製品消費科学, 47, 772(2006)
- 64) 秋田祥一, 可逆快適布帛「IAテキスタイル」の開発, 繊維学会誌, 65, P328(2009)
- 65) "REVIEW ARTICLE, Basic Unifunctional Fiber Structures / Fabric and Fiber Web Systems / Future Direction and Vision", *Nature materials*, 6, 337(2007)
- 66) 板生清, 安全安心快適な社会を実現するウェアラブル, 繊維学会誌, 64, P162(2008)
- 67) 原田隆司, 着ごちと科学, p7, 裳華房(1998)
- 68) 小澤七洋ら, 快適性の追求と進化, 繊維学会誌, 64, P409(2008)
- 69) (財)企業活力研究所, 委託先(社)人間生活工学研究センター, 感性価値創造に向けた人間工学的アプローチの可能性に関する調査研究, 平成21年3月
- 70) 日本繊維機械学会編, 被服科学総論下巻, 4章, 弓削治, p168, 日本繊維機械学会(1981)
- 71) 林壽郎, 介護用繊維の技術動向, 繊維機械学会誌, 54, P127(2001)
- 72) 松田亮治ら, 介護衣服におけるメンテナンス性および快適性の評価と製品開発の一事例, 繊維機械学会誌, 54, P132(2001)
- 73) 辻井彰司ら, 高齢者のための「健やか応援団」, 繊維機械学会誌, 54, P143(2001)
- 74) 岩波君代, 高齢者の衣服のおしゃれと機能性, 繊維学会誌, 66, P324(2010)

- 維学会誌, 59, P101(2003)
- 75) 山崎義一, 介護用繊維資材の現状と開発課題, 繊維学会誌, 59, P105(2003)
- 76) 小野栄一, 高齢者, 身障者の衣料から個人対応衣服まで, 繊維学会誌, 59, P110(2003)
- 77) 松田亮治ら, 肢体不自由者に配慮した衣服の設計指針, 繊維学会誌, 59, P115(2003)
- 78) 鈴木東義, ヘルスケア用機能性合成繊維, 繊維機械学会誌, 54, P277(2001)
- 79) 柴田高明, 加齢臭対応加工「ニオワンダー」OG3, 繊維学会誌, 57, P311(2001)