

# スーツの「着心地」を数値化する 計測・評価法の開発と検証

信州大学 西松豊典  
(共同研究者) 同 金井博幸

## Development of Measurement and Evaluation Method for Quantization of Suit's Clothing Comfort

by

Toyonori Nishimatsu, Hiroyuki Kanai  
*Shinshu University*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to measure and evaluate the clothing comfort of jackets with different length of arm hole and slacks with different hip shape using a sensory test, a clothing pressure measurement and EMG (electromyogram). We proposed four experimental motions to measure and evaluate the clothing comfort of jacket and slacks adequately. Healthy males evaluated the clothing comfort of five jackets and three slacks by four proposed experimental motions using the paired comparison method and their clothing pressures between their bodies and wears and EMG values were measured during those motions. As the length of arm hole was bigger, the clothing comfort of jacket became better, and the values of the clothing pressure and EMG were smaller. And they evaluated the slacks with the forming processing and the long raise length the good clothing comfort. Then the values of the clothing pressures between their bodies and slacks were smaller. These results indicate that the clothing comfort of jacket and slacks could be measured and evaluated by four experimental motions, the clothing pressure and EMG.

## 要 旨

本研究では、肩周り寸法が異なるスーツ上衣、臀部形状が異なるスラックスを被験者がそれぞれ着用したのち提案した試技で「着心地」評価を行うとともに、評価試技を行っているときの衣服圧や筋電図を測定し、「着心地」の計測・評価方法を提案した。その結果、上衣及びスラックスの「着心地」を適切に評価する4種類の試技を提案した。上衣の「着心地」官能検査結果より、肩周り寸法を大きくすることによって圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく、着心地が良いと評価された。また、水平内転運動や前方拳上運動時に測定した衣服圧の測定結果や各試技を行う際に重要な三角筋前部と大胸筋に注目して筋活動量を測定した結果より、着心地が良いと評価された部位において衣服圧や筋活動量が低くなっていることを確認した。さらに、スラックスの「着心地」官能検査結果より、片足上拳運動やしゃがみこみ運動においてクセ取り加工して股上丈が長いスラックスは「着心地」が良いと評価された。各試技における衣服圧測定結果より、着心地が良いと評価された部位において衣服圧が低くなっていることを確認した。このように、スーツ上衣やスラックスの「着心地」をそれぞれ官能評価する試技、「着心地」評価時において着衣から受ける衣服圧や試技によって生じる筋活動量を評価する方法を提案し、その有効性を確認した。

## 緒 言

既製背広服（スーツ）は大量生産を基本としているので、消費者の様々な体型に合わせたスーツ（上衣、下衣）を用意する必要がある。国内においては、成人男性の体型がJIS L4004で定義されているので、既製スーツは3種類の基本身体寸法（身長、胸囲、胴囲）で着用対象者を分類して、各メーカーにおいてスーツの生産が行われて

いる。

西松研究室と（株）AOKIとが共同で成人男性114名を対象として、スーツ購入時の不満や着用時にどの身体部位に窮屈感や圧迫感を感じるかについて市場調査を行った。その結果、スーツのサイズやスタイルに対する不満が約40%であること、消費者の65%が上衣で肩周り（肩部、上腕部、腕付根部）に窮屈感や圧迫感を感じていること、スラックスにおいても臀部に窮屈感や圧迫感を感じていることがわかった。そのため、従来よりスーツの着心地については数多くの研究<sup>1)~12)</sup>がみられる。

本研究では、肩周り寸法（アームホール、脇巾）を変化させたスーツ上衣、あるいは臀部形状（クセ取り加工と股上丈）が異なるスラックスを着用した被験者が上衣、あるいはスラックスの「着心地」を提案した試技で評価するとともに、評価試技を行っているときの被験者と上衣（あるいはスラックス）間の衣服圧や筋電図を測定し、上衣の肩周り寸法やスラックスの臀部形状が上衣やスラックスの「着心地」に及ぼす影響を計測・評価する方法を提案し考察を行った。

## 1. 実験方法

### 1. 1 「着心地」の主観評価方法

#### (1) 上衣の「着心地」官能検査方法

本実験では上衣の肩周り寸法の設計要素であるアームホール、脇巾をそれぞれ変化させた5種類の上衣を用いた。試料1はJIS L4004に基づいた体型92A5の従来の上衣、試料2と4は試料1よりもアームホール寸法を約5%小さくした上衣、試料3と5は試料1よりもアームホール寸法を約5%大きくした上衣である。試料4は試料2より脇巾を約3%大きくした上衣、試料3は試料5より脇巾を約3%大きくした上衣である。

スーツ生地は織組織は2/2綾織、経・緯糸番手数はともに2/60、たて・よこ密度はそれぞれ79.1

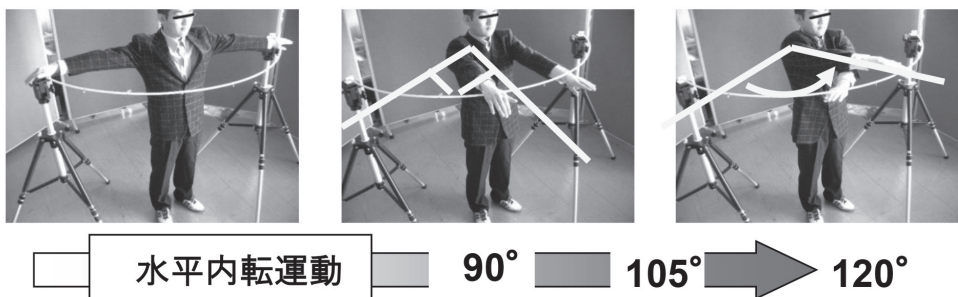


図1 (a) 水平内転運動

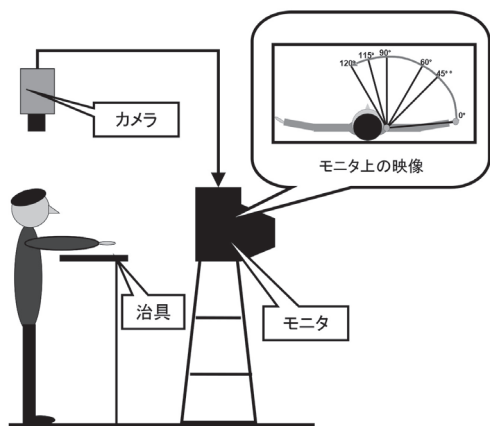


図1 (b) 水平内転角の確認方法

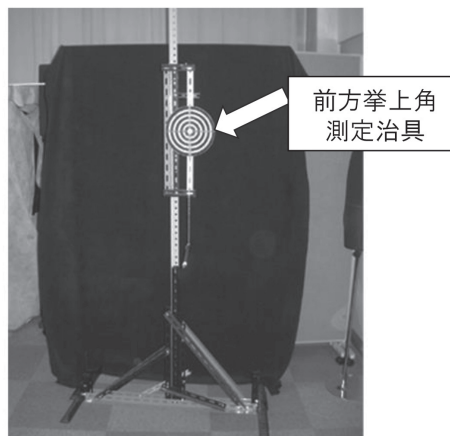


図2 (b) 前方挙上角の確認方法

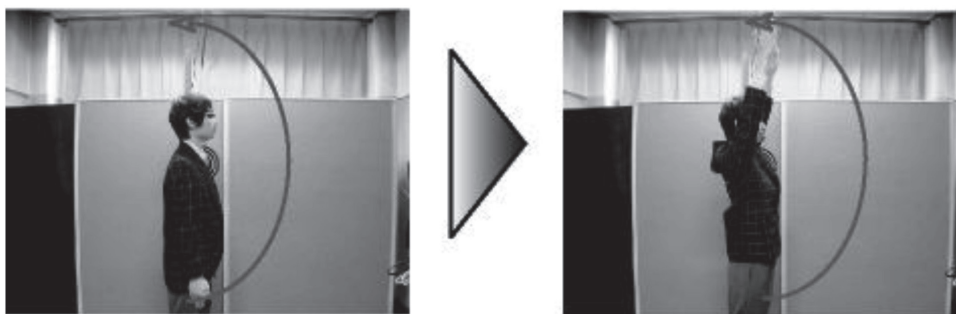


図2 (a) 前方挙上運動

本 /2.54cm, 74.6 本 /2.54cm である。

被験者は 92A5 の体型に該当する健常な 20 代男子大学生 10 名である。

上衣の着心地を評価するために、被験者は自身の体型に合ったワイシャツ、スラックスおよびベルトを着用し、単関節平面運動である水平内転運

動 (図 1 (a) ; 内転角 90, 105, 120° ), 前方挙上運動 (図 2 (a) ; 挙上角 90, 180° ) を行った。

なお、図 1 (b) に示すように、被験者の真上に設置されたカメラで撮影された水平内転運動は、被験者前方のスクリーン上に投影されて、水平内転角を被験者が確認できるようになってい

る。

また、前方挙上運動（図2（a））を行う際には図2（b）に示すような補助具に装着した角度計により挙上角が被験者にわかるようにした。

そして、一対比較法であるシェッフエの方法（中屋の変法）<sup>13)</sup>を用いて、提示された一対の試料について5種類の形容語「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」、「着心地」を7段階尺度（非常に、かなり、やや、どちらでもない）で評価した。評価部位は、4部位（上腕部、脇下前部、脇下後部、肩甲部）である。なお、実験環境は温度23℃、湿度50% RHである。

#### (2) スラックスの「着心地」官能検査方法

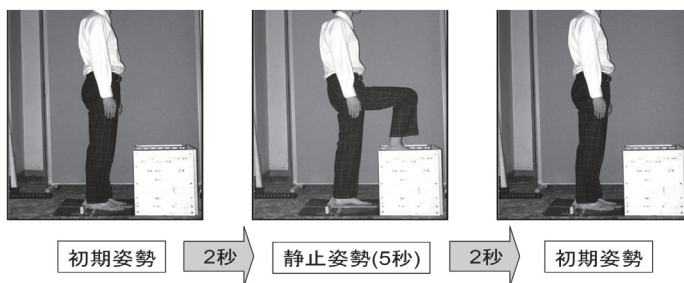
スラックスの「着心地」評価には、3種類のスラックス、従来のスラックス（A；ウエスト74cm、76cm）、試料Aにクセ取り加工（臀部箇所）に丸みや膨らみを作り出す加工）したスラックスB、クセ取り加工を施して股上丈をプラス1.5cm長くなるように設計した試料Cを用いた。ここで、

「股上丈」とはJIS L0112に定められた「スラックスなどの股止まりから上端までの直線の長さ」である。

スラックスにワイシャツの裾を入れて試技を行う際にワイシャツがずり上がる。このとき、ワイシャツにかかる張力を被験者が感じて評価に影響が出ることや、ワイシャツのずり上がりに応じて試料の着用の仕方が変化する。そこで、事前に片足上挙及びしゃがみこみ動作によって生じるワイシャツのずり上がり位置へマーカーを付け、このマーカー位置にベルトの上端を合わせた。

ヒトはスラックスの「着心地」を評価するとき、足を曲げたり、しゃがむという様々な動きをする。しかし、それらの動きを評価試技とすることは、個人差が生じて再現性のない試技となる。そこで、本研究では膝関節を90°になるまで片足挙げを行う「片足上挙運動（図3（a））」と、屈曲角度が大きくなる「しゃがみこみ運動（図3（b））」を提案し試技とした。

#### (a) 片足上挙運動



#### (b) しゃがみこみ運動

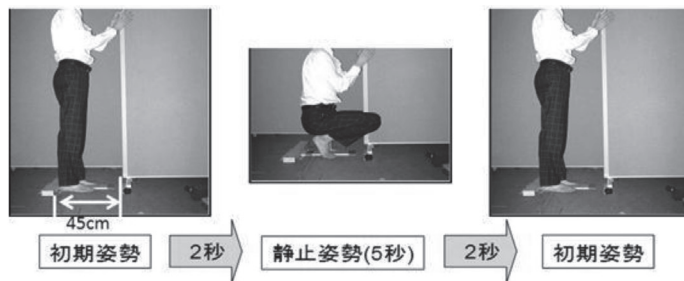


図3 スラックスの着心地を評価する試技

温度 23℃, 相対湿度 50%R.H. の環境下で 24 時間放置した試料を被験者にランダムに1対提示し着用させて, 5 部位 (膝部, 大腿部前面, 大腿部後面, 大腿部内側, 臀部) について一対比較法であるシェッフエの方法 (中屋の変法)<sup>13)</sup> を用いて 5 種類の形容語「圧迫感」, 「窮屈感」, 「ツッパリ感」, 「動作拘束感」, 「着心地」を 7 段階尺度で評価させた。被験者は, 健常な 20 代男子大学生 5 名 (ウエストの平均値 73.9±3.5cm) である。

## 1. 2 人体と上衣 (スラックス) 間における衣服圧の測定

衣服を着用すると, ヒトは着衣中の各種動作によって体型が変化する。そのときに衣服が変形して, 布地のストレスが直接人体に負荷されるか, あるいはその垂直応力が人体表面を圧迫する。この拘束力は様々な形で衣服圧として人体に作用する。

上衣を着用した被験者が 2 種類 (水平内転運動, 前方挙上運動) の試技中に所定の角度で 6 秒間静止しているときの衣服圧をエアパックセンサー (直径 20mm) と接触圧測定機 (AMI3037-5S, エイエムアイ・テクノ社製) を用いて測定した。衣服圧の解析は, 運動静止後 2 秒~5 秒後の測定データについて行った。静止水平内転角は 90, 105, 120°, 測定部位は官能検査を行った同部位 (上腕部, 脇下前部, 脇下後部, 肩甲部 (図 4)) で

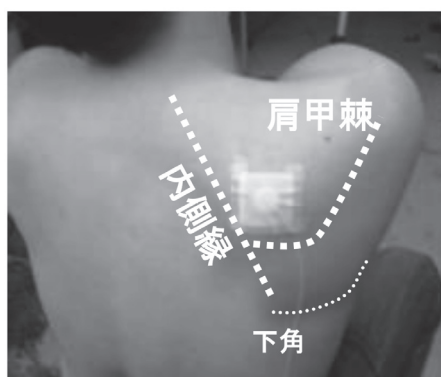


図4 肩甲部におけるエアパックセンサー貼り付け

ある。測定回数はそれぞれ 5 回, 被験者は「着心地」官能検査を行った同一の被験者 10 名である。

スラックスの「着心地」官能検査を行った同部位 (膝部 (膝蓋骨中点), 大腿部前面 4 分の 1 点 (膝蓋骨上端と大腿付根を通る大腿部中央垂線を 4 等分し膝部に最も近い箇所), 大腿部前面中点 (膝蓋骨上端と大腿付根を通る大腿部中央垂線を 4 等分した中点), 臀部) にエアパックセンサー (直径 20mm) を貼付した後, ワイシャツ, スラックス, ベルトを着用した被験者は 2 種類の試技 (片足上挙, シャガみこみ) をそれぞれ行った。

被験者は 2 秒間で試技を行ったのち, 9 秒間片足上挙, あるいはシャガみこみ姿勢を保持した。衣服圧の解析は, 衣服圧値が安定した静止姿勢 7 秒~10 秒後の衣服圧の平均値を測定値とした。測定回数はそれぞれ 5 回である。

被験者は官能検査を行った同一被験者 5 名, 実験環境は温度 23℃, 湿度 50% RH である。

## 1. 3 上衣の試技時における筋活動量測定

被験者が上衣を着用することによって評価動作時に上衣からの身体的拘束状態が強いと, それだけ活発な筋活動が必要となる。そこで, 試技中における衣服からの拘束状態を筋電図で定量的に計測・評価した。

被験筋は 2 種類の試技 (水平内転運動, 前方挙上運動) 時にそれぞれ上腕骨や肩甲骨を動かす 5 種類の筋 (上腕骨: 三角筋前部・三角筋中部・大胸筋, 肩甲骨: 僧帽筋・前鋸筋) とした。

これらの被験筋に表面電極を貼り付けたのち, 被験者にワイシャツと上衣を着装させて各試技時の表面筋電図を生体アンプ (MP100CE, BIOPAC Systems) を用いて測定した。このようにして, 各被験筋について測定した表面筋電図より筋活動量を算出した。

筋電図解析方法は, 試技開始から終了まで測定した筋活動量を整流化したのち積分し, 評価試技

1回毎に単位時間あたりの筋活動量 ( $E_1$ ) を求めた。また、ワイシャツだけを着用して両運動をそれぞれ行い、評価試技1回毎に単位時間あたりの筋活動量 ( $E_0$ ) を求めた。さらに、上衣とワイシャツ、あるいはワイシャツのみを着用時において、動作1回毎に求めたそれぞれ  $E_1$ ,  $E_0$  5回分の平均値  $M(E_1)$ ,  $M(E_0)$  を求めた。そして、 $M(E_1) / M(E_0)$  より正規化筋活動量を求め、基準試料1の正規化筋活動量を1.0として、他の4試料について正規化筋活動量比を求めた。

被験者は上衣について「着心地」官能検査を行った同一被験者5名、動作回数はそれぞれ5回である。

## 2. 実験結果及び考察

### 2.1 上衣の「着心地」計測・評価結果

一巡三角形の数より被験者10名の判定能力を検定した結果、全被験者に判定能力があることがわかった。

図5及び図6は、それぞれ水平内転角  $105^\circ$  及び  $120^\circ$  時の肩甲部における5種類の形容語「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」、「着心地」について評価した結果より求めた各試料の平均嗜好度を示す。各平均嗜好度が大きいと「圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感」がなく、「着心地」が良いことを示している。

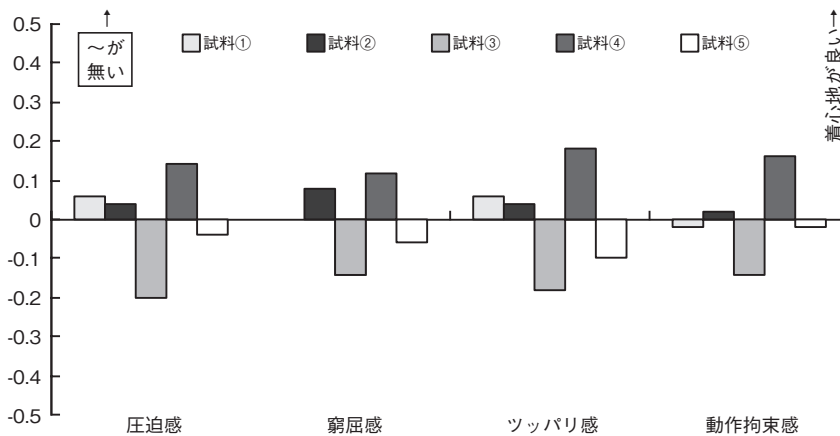


図5 水平内転角  $105^\circ$  時の肩甲部における各形容語の平均嗜好度

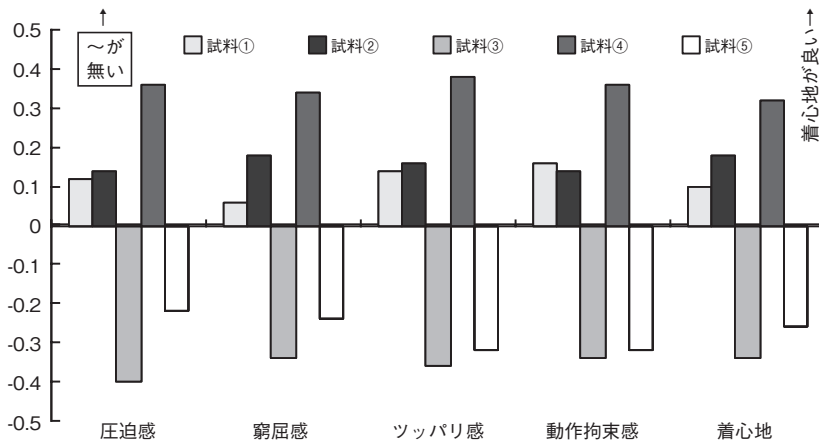


図6 水平内転角  $120^\circ$  時の肩甲部における各形容語の平均嗜好度

図5及び図6より、水平内転角105°より120°のときの方が各試料の平均嗜好度間の差が大きくなっていることがわかる。そのため、着心地を評価する際の適切な内転角は120°とした。

図6より、肩甲部において基準試料1より肩周り寸法が小さい試料2と4は圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく着心地が良い、特に試料2より脇巾が大きい試料4は着心地がよいと評価された。

これは、試料2と4が基準試料1と比較して、肩周り寸法が小さいので袖が細くなって、水平内転運動が行いやすくなり着心地が良いと評価されたと考えられる。

一方、肩周り寸法が大きい試料3と5は圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感があり着心地が悪いと評価された。

図7は、内転角120°時の試料3の肩甲部における変形状態を示す。図7より、上肢を内転させると肩甲部付近の生地ゆとりが無くなって

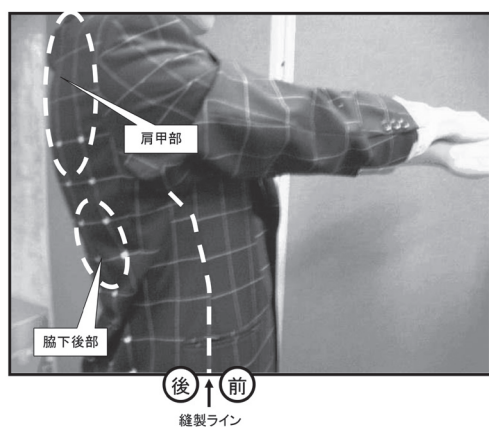


図7 肩甲部における上衣の変形

ツッパリが発生している。この生地ゆとりによって人体を圧迫する拘束力が生じて、被験者の形容語評価に影響を与えたと考えられる。

同様に、前方挙上運動(挙上角90°, 180°)において肩周り寸法が小さい試料2と4は他の3試料と比較して、上腕部・脇下前部・脇下後部・

肩甲部で圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく、着心地が良いと評価された。

さらに、5種類の上衣のシルエットについて10名の被験者が外観評価を行った結果、試料間に差がみられないと評価した。

次に、図8は水平内転運動開始(0°)から内転角120°まで測定した各被験者の肩甲部における衣服圧の経時変化を示す。

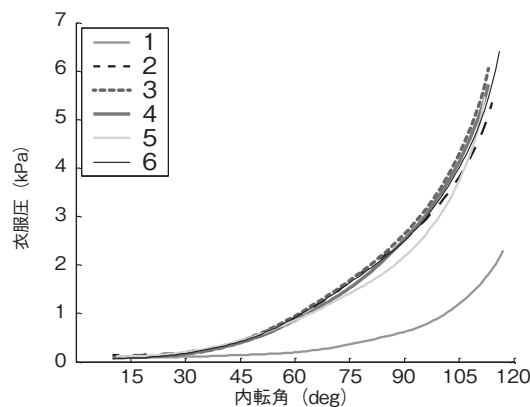


図8 肩甲部における衣服圧測定結果 (水平内転角0~120°)

図8に示すように、内転角が約60°のときから衣服圧が大きくなっていることがわかる。衣服圧測定結果より、肩周り寸法が大きい試料3と5の衣服圧は上肢の内転角が大きくなるにつれて他の試料の衣服圧と比較して大きくなる傾向がみられた。

水平内転角120°時の上腕部、脇下前部、脇下後部、肩甲部における基準試料1の衣服圧に対する各試料2~5の相対衣服圧を表1に示す。

表1に示す上腕部、脇下前部、脇下後部、肩甲部における相対衣服圧と、各試料について評価された形容語「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」、「着心地」の平均嗜好度との

表1 相対衣服圧

	上腕部	脇下前部	脇下後部	肩甲部
試料1	1.00	1.00	1.00	1.00
試料2	1.00	1.06	0.88	0.98
試料3	1.12	1.09	1.00	1.04
試料4	1.01	1.10	0.83	0.97
試料5	1.11	1.10	0.96	1.06

相関関係を検討した。その結果、肩甲部で評価された「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」、「着心地」は肩甲部の相対衣服圧と有意な負の相関がみられた。すなわち、肩甲部の衣服圧が大きくなると、動作拘束性が高くなり、着心地が悪くなるといえる。

また、前方挙上運動時においても、「着心地」が良いと評価された脇下前部と後部において、試料2と4の相対衣服圧は他の3試料と比較して衣服圧が低くなる傾向がみられた。

水平内転運動時において三角筋前部と大胸筋は主働筋となり、三角筋中部と僧帽筋は補助筋となる。

そこで、水平内転角 120° 時に上腕部、脇下前部、脇下後部、肩甲部において評価した形容語「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」、「着心地」と三角筋前部、三角筋中部、大胸筋、僧帽筋及び前鋸筋の正規化筋活動量比との相関関係を検討した。表2は、大胸筋における正規化筋活動量比を示す。

その結果、各部位で評価された「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」、「着心地」

表2 相対筋活動量比

	試料1	試料2	試料3	試料4	試料5
衣服圧比	1.00	0.96	1.07	0.99	1.20

は大胸筋の正規化筋活動量比と負の相関がみられた。すなわち、大胸筋の筋活動量が大きくなると、動作拘束性が高くなり着心地が悪くなったと考えられる。

同様に、前方挙上運動時においても肩周り寸法が小さい試料2と4は他の3試料と比較して、三角筋前部および大胸筋の正規化筋活動量比が小さくなることがわかった。この結果は、試料2と4が他の3試料より圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく、着心地が良いと評価されたことと一致している。

以上の結果より、両運動に重要な三角筋前部と大胸筋に注目した結果、肩周り寸法が小さい試料2と4は運動時に筋活動量が小さくなり、着用していても動きやすく着心地が良いことがわかった。

## 2.2 スラックスの「着心地」計測・評価結果

一巡三角形の数より被験者の判定能力を検定した結果、全被験者に判定能力があることがわかった。全被験者が3種類のスラックスについて、しゃがみこみ運動によって各形容語を評価した結果より求めた平均嗜好度を図9に示す。図9において、平均嗜好度の値がプラスのとき、被験者が「圧迫感がない」、「窮屈感がない」、「ツッパリ感がない」、

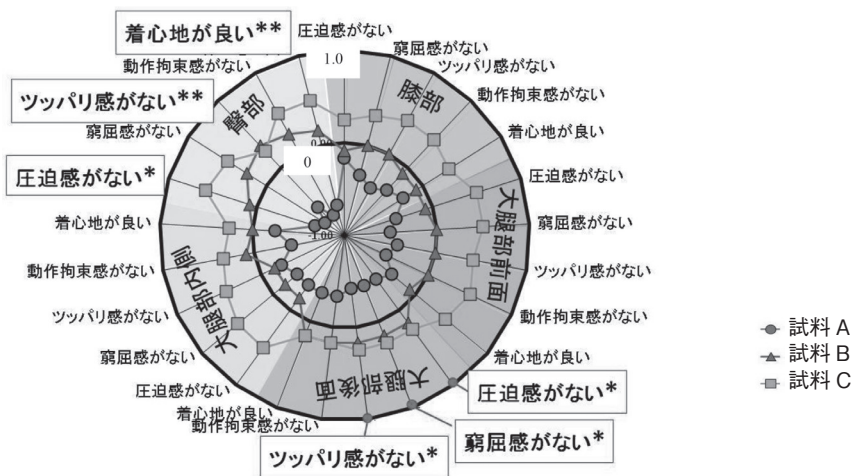


図9 シャガみこみ運動時の平均嗜好度結果



「動作拘束感がない」、「着心地が良い」と評価したことを示している。

片足上挙運動では、膝部以外の全部位においてクセ取り加工して股上丈が長い試料Cは圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく、着心地が良いと評価される傾向がみられた。これは、股上丈を大きくすることで、臀部にゆとりが生じて圧迫感などを感じなかったからと考えられる。

図9より、しゃがみこみ運動では臀部において試料Aは圧迫感、ツッパリ感などがあり、着心地が悪いと評価されたが、クセ取り加工を行った試料BやCは「窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感」が向上する傾向がみられた。これは、クセ取り加工を行うことで、スラックスの臀部が人体の臀部形状に沿って、スラックス生地が人体に不自然に当たることがないからと考えられる。

また、膝部の窮屈感のように、片足上挙では試料差がみられなかった部位でも、しゃがみこみ動作では試料差がみられた。これは、膝関節の屈曲角度の大きいしゃがみこみ動作の方が試料差を判断しやすいからである。

さらに、被験者が装着している3種類のスラックスのシルエット写真（後面、側面）について20代から50代の女性21名が外観評価を行った結果、全員が試料間にシルエットに差がみられないと評価した。

しゃがみこみ動作時について、各試料の膝部・大腿部前部（4分の1点）・大腿部前部（中点）・臀部における各被験者の衣服圧測定結果を図10に示す。

図10より、しゃがみこみ動作において、大腿部前部（中点）以外の3部位で、衣服圧値の大きさが、（試料A > 試料B > 試料C）であった。この結果は、試料Cが圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく、着心地が良いと評価されたことと一致している。片足上挙動作の結果と比較して、膝関節の屈曲角度が大きいしゃがみこみ動作

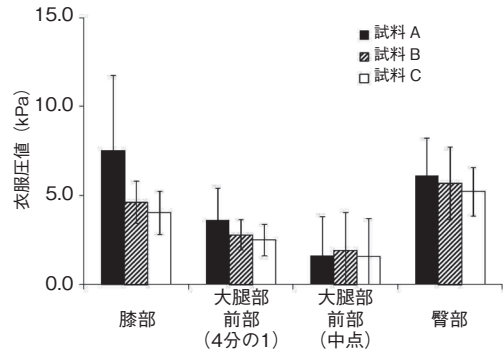


図10 しゃがみこみ動作時の衣服圧測定結果（平均）

の方が膝部で1.2～1.4倍、大腿部前部で1.5～1.7倍、臀部で2.0～2.4倍衣服圧値が大きくなり、スラックスの臀部形状の違いが衣服圧値に生じたと考えられる。

### 3. まとめ

本研究では、肩周り寸法を変化させた上衣、あるいは臀部形状が異なるスラックスをそれぞれ着用した被験者が提案した試技によって「着心地」評価を行うとともに、評価試技を行っているときの衣服圧や筋電図を測定した。そして、官能検査結果と衣服圧及び筋電図の測定結果との関係より「着心地」の計測・評価方法を提案し考察を行った。得られた知見を以下に示す。

(1) 上衣及びスラックスの「着心地」を適切に評価する4種類の試技を提案した。

(2) 肩周り寸法が異なる5種類のスーツ上衣の着心地について官能評価を行った。その結果、市販されている基準試料に対してアームホール、脇巾の寸法が小さい上衣は「圧迫感」、「窮屈感」、「ツッパリ感」、「動作拘束感」が低く、「着心地」が良いことがわかった。

(3) 衣服圧測定結果より、肩周り寸法（アームホール、脇巾）が小さい試料2と4は相対衣服圧が低く、肩周りが大きい試料3と5は相対衣服圧が高くなった。また、着心地官能量と肩甲部の相対衣服圧間には負の相関がみられた。

(4) 水平内転運動時の筋活動量測定結果より、肩周り寸法が小さい試料2と4は大胸筋の正規化筋活動量比が低くなる傾向がみられた、また、着心地官能量と大胸筋の正規化筋活動量比間には負の相関がみられた。前方挙上運動時の筋活動量測定結果より、試料2と4は三角筋前部と大胸筋の正規化筋活動量比が低くなり着心地が良いと評価された。このように、着心地が良い上衣を着用して試技を行っているときの筋活動量は小さくなり、着用していても動きやすいことがわかった。

(5) スラックスの「着心地」官能検査結果より、片足上挙及びしゃがみこみ運動時においてクセ取り加工して股上丈が長い試料Cは圧迫感、窮屈感、ツッパリ感、動作拘束感がなく着心地が良いと評価された。

(6) 衣服圧測定結果より、片足上挙運動時において着心地が悪いと評価された試料Aは膝部で衣服圧値が高いことがわかった。また、しゃがみこみ運動時において、大腿部前部(中点)以外の3部位で衣服圧値の大きさが(試料A > 試料B > 試料C)となり、着心地評価結果と一致していた。

(7) スーツ上衣やスラックスの「着心地」をそれぞれ官能評価する試技、「着心地」評価時において着衣から受ける衣服圧や試技によって生じる筋活動量を評価する方法を提案し、その有効性を確認した。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成を賜りました公益財団法人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。また、試料を提供いただきました(株)AOKIの柴田清弘氏に感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 三吉満智子, 広川妙子, 繊維製品消費科学会誌, **36**(12), 758(1995)
- 2) 百田裕子, 間壁治子, 繊維製品消費科学会誌, **39**(7), 452(1998)
- 3) 西松豊典, 金井博幸, 西村俊則, 堀場利宏, 渡辺英俊, 繊維学会予稿集, **60**(2), 83(2005)
- 4) T.Nishimatsu, H.Kanai, M.Kamijoh, Y.Matsumoto, E.Toba, M.Okamura, K.Shibata, The 11th International Wool Research Conference, CD-ROM (2005)
- 5) T.Nishimatsu, H.Kanai, T.Nishimura, T.Horiba, H.Watanabe, *International Symposium on dyeing and Finishing of Textiles*, **181** (2005)
- 6) 井上智仁, 金井博幸, 西松豊典, 繊維学会予稿集 2006(感覚と計測に関するシンポジウム), **61**(2), 84(2006)
- 7) 金井博幸, 近藤聖司, 西松豊典, 松岡敏生, 柴田清弘, 人間工学会東海支部 2006年研究大会論文集, **40** (2006)
- 8) 金井博幸, 川崎順史, 西松豊典, 岡村政明, 柴田清弘, 第9回日本感性工学会大会予稿集, CD-ROM (2007)
- 9) H.Kanai, H.Tsuji, J.Kawasaki, T.Nishimatsu, M.Okamura, K.Shibata, *International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research*, CD-ROM (2007)
- 10) H.Kanai, H.Tsuji, M.Kamijo, Y.Matsumoto, T.Nishimatsu, K.Shibata, *SEN'I GAKKAISHI*, **63**(6), 159(2007)
- 11) 青野圭祐, 金井博幸, 西松豊典, 柴田清弘, 繊維学会予稿集 2010, **65**, 22(2010)
- 12) 西松豊典, 金井博幸, 柴田清弘, 人間生活工学, **13**, 20(2012)
- 13) 西松豊典編著, 最新テキスタイル工学 I, **27**, 繊維社企画出版(2014)