

# 衣服と皮膚の接触に伴う皮膚振動に関する基礎研究

文化学園大学 佐藤 真理子  
(共同研究者) 同 伊豆 南緒美  
同 松井 有子  
名古屋工業大学 田中 由浩  
稲盛科学研究機構

## Basic Study of The Skin Vibration Caused by The Contact of Clothing with Skin

by

Mariko Sato, Naomi Izu, Yuko Matsui  
*Bunka Gakuen University*  
Yoshihiro Tanaka  
*Nagoya Institute of Technology /  
Inamori Research Institute for Science*

### ABSTRACT

In wearing clothes, passive contact between the clothes and the skin occurs accompanied with human movements. In this study, we first examined the contact between clothing and the skin on the trunk during the movement of upper extremity utilizing a pressure measurement film. It was clarified the neck, shoulder tip, and scapula are prominent contact sites. Next, we explored the possibility of skin vibration measurement in the vicinity of the protruding part of the scapula. Investigation of the vibration intensity and median frequency of the skin vibration caused by contact between the skin and clothing revealed that a site about 2 cm away from the contact area was suitable for measurements. In addition, from the skin vibration measurement

in wearing several types of sportswear, it was clarified that the vibration intensity was greater in wearing sportswear than in not wearing it, and we found a certain tendency from the analyses of results of each sample. The relationship between the feeling of wearing and skin vibration is different from the active contact by tracing the clothing materials. In the passive contact between worn clothes and the skin, it was manifest that multiple factors, such as the looseness of the clothes and the characteristics materials, affect the skin vibration in contact.

#### キーワード

皮膚, 衣服, 接触, 皮膚振動, 振動強度

#### Keyword

Skin, Clothing, Contact, Skin vibration, Vibration intensity

#### 要 旨

衣服着用時, ヒトの動作に伴い, 衣服と皮膚の受動的な接触が生じる. 本研究では先ず, 上肢運動時の体幹部における衣服と皮膚の接触について, 圧力測定フィルムにより検討し, 顕著な接触部位として, 頸部, 肩先, 肩甲骨を明らかにした. 次に, 肩甲骨突出部近傍で, 皮膚振動計測の可能性を探り, 皮膚と衣服の接触から生じる皮膚振動の振動強度と周波数中央値の検討により, 接触部から2cmほど離れた部位を, 適する計測部位として見出した. また, 数種のスポーツウェア着用による皮膚振動計測から, 非着用時に比しウェア着用時に振動強度が大となることを明らかにし, 各試料の解析結果から一定の傾向を得た. 着用感と皮膚振動の関係性は, 衣服素材をなぞった際の能動的な接触とは異なるもので, 着用時の衣服と皮膚の受動的な接触においては, 衣服のゆとりや素材特性等, 複合的な要因が, 接触時の皮膚振動に影響する可能性が示された.

#### 緒 言

衣服の着心地の構成要素として, 暑い・寒い・

蒸れなどの温熱的快適性, 動きにくさや締め付けに関わる運動機能性と共に, 肌ざわり・擦れなどの皮膚の快不快が挙げられる. 皮膚と衣服素材の接触には, 快適な触り心地が製品購買意欲を誘起するものから, 不快で皮膚ダメージを生じるレベルまで様々で<sup>1,2)</sup>, 受動的な接触と能動的な接触, 強い圧力や摩擦を伴う接触と, 触れるか触れないかの微細な接触等, 幅広い状態が想定される. 我々はこれまで, Tanakaらが開発した, 皮膚を伝搬する振動を検出するウェアラブルセンサ<sup>3)</sup>を使用し, 自然な触覚を得ながら, 皮膚と対象との間に生じる力学現象を同時に記録することで, 衣服素材と皮膚の接触により生じる皮膚振動と触感の関係について報告した<sup>4-6)</sup>. その際, 手指先で能動的に衣服素材をなぞった際の皮膚振動を計測・解析の対象とした. 本研究では, 衣服着用時, ヒトの動作に伴い, 身体に生じる衣服と皮膚の接触, いわば受動的な接触に伴う皮膚振動に着目した. 上肢運動により, 体幹部のどの部位で衣服との接触が多く生じるか, その際の皮膚振動計測可能な部位について検討し, さらに, 様々なスポーツウェアを着用した際の皮膚振動を計測・解析することで, 着心地研究における皮膚振動データ活用の新

たな展開を試みた。

## 1. 方法

### 1.1 実験A

衣服着用時、ヒトの動きにより、身体のいかなる部位で衣服との接触が生じるか、上肢運動時の体幹部を対象に検討した。

被験者は健康な若年女性4名(年齢 $26.3 \pm 1.0$ 才、身長 $159.5 \pm 5.1$ cm、体重 $48.3 \pm 2.6$ kg)、動作条件は、上肢運動(前挙・側挙・後挙)とした。試料は、身体にフィットする一般的な肌着を想定し、ナイロン89%、ポリウレタン11%の長袖インナーとした。測定には、圧力測定フィルム(プレスケール、富士フィルム株式会社)を用いた。本測定フィルムでは、微細な圧力により発色マイクロカプセルが破壊され、化学反応で発色する。本フィルムを $4.5 \times 4.5$ cmの正方形にカットし、肩と頸部近傍4ヶ所、体幹部11ヶ所の計15ヶ所に貼付した(図1、表1)。被験者は、室温 $25^{\circ}\text{C}$ ・湿度50%RHに設定した人工気候室に入室、安静後、圧力測定フィルムを身体に貼付、試料を着用し、上肢運動を行った。実験後、フィルムをスキャナーで読み取り、フィルム面積の総ピクセル数と発色したピクセル数から、各部位の接触面積率(%)を算出した。得られた結果は、一元配置分散分析を行い、有意差が得られたものについてはBonferroniの多重比較を行った。

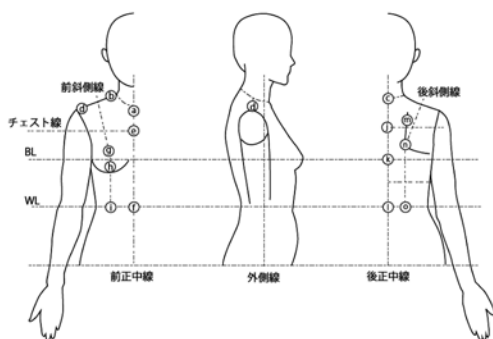


図1 実験A測定部位

表1 実験A測定部位

NO	部位詳細
a	前中心頸付根(頸窩点より下2.25cm)
b	頸側(頸側点より外側2.25cm)
c	後中心頸付根(頸椎点)
d	肩先上(肩先点より内側2.25cm)
e	前中心上(前正中線とチェストラインの交点)
f	腹部中央(前正中線とウエストラインの交点)
g	乳頭上(乳頭点より前斜側線上3cm)
h	乳頭下(乳頭点より垂直下3cm)
i	前斜側WL(前斜側線とウエストラインの交点)
j	後中心上(後中心頸付根と後中心中を結ぶ線上の1/2)
k	後中心中(後正中線とバストラインの交点)
l	腰中心(後正中線とウエストラインの交点)
m	肩甲骨(肩甲骨三角のうち 内側縁上の最内側点より下2.25cm)
n	肩甲骨下(肩甲骨下角点)
o	後斜側WL(後斜側線とウエストラインの交点)

### 1.2 実験B

皮膚振動は、皮膚が対象物に接触することで発生する。ヒトの動作に伴い、皮膚と衣服素材が接触し、皮膚表面には様々な皮膚振動が生じると考えられる。体幹部においては、上肢の動きに伴い、肩甲骨突出部で皮膚と衣服素材の接触が多いことが実験Aで明らかとなった。そこで実験Bでは、肩甲骨突出部位近傍で、接触による皮膚振動を捉えるべく、以下の2種の実験を設定し、衣服着用時の体幹部皮膚振動の測定と解析を行った。

#### 1.2.1 実験B-1

皮膚と衣服素材の接触により生じる皮膚振動が、いかに皮膚上を伝播するかを明らかにし、着用評価として皮膚振動データを用いる際に適する皮膚振動測定位置について検討した。被験者は、皮膚に疾患等のない健康な若年女性6名(年齢 $28.2 \pm 6.5$ 歳、身長 $159.3 \pm 6.3$ cm、体重 $52.8 \pm 7.1$ kg)である。動作条件は、メトロノームに合わせた30拍の腕振り動作とし、動作速度は、ウォーキングを想定した110bpm及びランニングを想定した160bpmの2条件とした。予備実験として、被験者に腕振り動作を行ってもらい、被験者に無理のない速度を設定した。着衣条件はブラジャーのみ(B)、ブラジャー+綿Tシャツ(B+Ct)、プ

ラジャー+ポリエステルTシャツ (B+Pt) の3条件である。Tシャツについては、綿及びポリエステルTシャツ共に、同じパターンから製作し、衣服の皮膚への接触の程度が等しくなるよう配慮した。実験に用いたTシャツのサイズ及び諸元を表2、図2に示す。試料のサイズはMサイズとLサイズを用意し、被験者が普段着用する衣服のサイズを基準に、被験者自身に選択してもらい着用した。皮膚振動の測定には、チャージ振動計 (MODEL-1607, 昭和測器株式会社) 及び加速度センサ (Model-2302B, 昭和測器株式会社) を用いた。先行研究<sup>4-6)</sup>では、皮膚振動検出にPVDFフィルムセンサを用いたが、PVDFフィルムの温度依存性と、運動による衣服内温度環境の変化に配慮し、本研究では、温度変化の影響を受けにくく、また量的な評価を行いやすい、加速度センサ

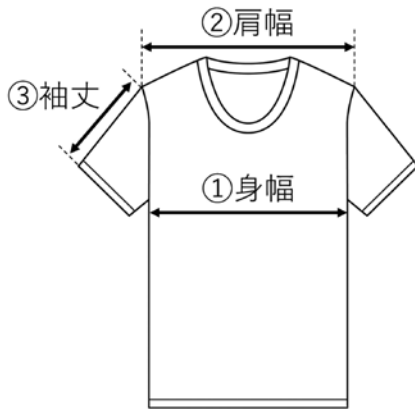


図2 実験着の寸法

を選択した。加速度センサの貼付位置は、図3に示す①~③の3部位である。背部において最も突出している肩甲骨突出部位を衣服と皮膚の接触部と定め (①), 接触部より水平上で正中線寄りに2cmの位置を部位1 (①), さらに2cm正中寄りを部位2 (②), 正中線との交点を部位3 (③) とした。測定データはA/D変換器 (National Instruments, US) を介してパソコンへ取り込み、10拍分の腕振り動作による皮膚振動について、数値解析ソフトウェアMATLAB (MathWorks, US) を用いて、FFT解析を行った。皮膚振動の評価指標は、先行研究<sup>4-6)</sup>と同じく、FFT解析によって得られるパワースペクトル密度 (以下、PSD) より、100-500HzのPSDの総和を振動強度として算出した。また10-500Hzの周波数帯域において、低周波側および高周波側からのPSDの総和が等しくなる周波数を、振動の質を示す周波数中央値として検討に用いた。

実験は、室温25℃・湿度50%RHに設定した人工気候室内にて実施した。被験者には実験内容を説明した後、皮膚振動センサ貼付位置に印を付け、各動作条件の動作の練習を行い、動作を習熟させた後に皮膚振動の測定を実施した。測定は順序効果を考慮し、ランダムとした。

### 1. 2. 2 実験B-2

数種のスポーツウェアを対象に、実験B-1と同じ被験者6名において、衣服着用時に腕振り動作を行った際の背部における皮膚振動の測定・解析

表2 実験B-1の試料一覧

		実験着	
組成		綿Tシャツ	ポリエステルTシャツ
サイズ [cm]	①	綿 100%	ポリエステル 100%
	②		(M)43.0/(L)44.0
	③		(M)35.0/(L)36.0
厚さ [mm]		0.51	0.70
剛軟度* <sup>1</sup> [mm](たて/よこ)		26.0/22.0	16.3/15.0
摩擦特性* <sup>2</sup> (たて/よこ)	MIU	0.169/0.154	0.183/0.280
	MMD	0.0055/0.0062	0.0112/0.0194

\*<sup>1</sup>JIS L1096 A法, \*<sup>2</sup>KES-SE

表3 実験B-2の試料一覧

組成	スポーツウェア			
	サッカー	野球	剣道	一般スポーツ
サイズ	ポリエステル100%	ポリエステル100%	綿100%	綿100%
(M/L) [cm]	① 49.0/51.0	45.0/47.0	55.0	52.0/53.0
	② 42.0/44.0	37.0/39.0	56.0	47.0/49.0
	③ 21.0/21.0	22.0/23.0	29.5	18.0/19.0
厚さ [mm]	0.53	0.41	1.19	0.57
剛軟度 <sup>*1</sup> [mm] (たて/よこ)	27.0/27.3	15.0/14.0	78.7/46.0	36.3/11.7
摩擦特性 <sup>*2</sup> (たて/よこ)	MIU 0.268/0.225	0.185/0.273	0.229/0.207	0.222/0.216
	MMD 0.0103/0.0087	0.0065/0.0194	0.0295/0.0277	0.0069/0.0075

<sup>\*1</sup> JIS L1096 A法, <sup>\*2</sup> KES-SE

を行った。また、着用感について官能評価を実施した。

実験に用いた着衣は、サッカー・野球・剣道・一般スポーツのスポーツウェア上衣4種である(表3)。サイズ展開のない剣道着を除き、それぞれM・Lサイズの2種用意し、各被験者が普段着用する衣服のサイズを実験着として用いた。動作条件は実験B-1同様、メトロノームに合わせた30拍の腕振り動作とし、動作速度は110bpm及び160bpmとした。皮膚振動の測定には、実験B-1と同様のチャージ振動計及び加速度センサを使用した。皮膚振動測定部位であるセンサ貼付位置は、実験B-1の結果を踏まえ、実験B-1におけるセンサ貼付位置の部位1(図3・①、皮膚と衣服素材の接触部より水平上で正中線寄りに2cmの位置)とした。実験により得られた振動データは、実験B-1と同じく、振動強度と周波数中央値を評

価指標として用いた。実験着用時の着用感評価は、皮膚振動と触感に関する先行研究を踏まえ<sup>5)</sup>、ざらざらした-なめらかな、かたい-やわらかい、べたつく-べたつかない、しっとりした-さらっとする、あたたかい-つめたい、総合的に不快-総合的に快適、嫌い-好きの7項目の形容詞対とし、SD法による官能評価を実施した。

実験環境は、室温25℃・湿度50%RHに設定した人工気候室内とし、実験B-1と同様の手順にて、ランダムに皮膚振動の測定を行い、その際の着用感を回答させた。

### 1. 2. 3 統計処理

実験Bにより得られた結果は、統計処理を施し、比較検討を行った。本実験では、皮膚振動の測定データに正規性が得られなかったため、皮膚振動、官能評価ともにノンパラメトリック検定を採用した。部位間比較(実験B-1)および着用条件間の比較には、フリードマン検定を用い、有意差が得られた場合、各条件間の比較にBonferroni-Holm補正によるウィルコクソンの符号付き順位検定を行った。また動作間比較には、ウィルコクソンの符号付き順位検定を用いた。

### 1. 3 倫理的配慮

実験実施にあたり、ヘルシンキ宣言に則り、被験者に本研究の趣旨、研究協力への任意性等を十分に説明し、同意を得て実施した。なお本研究は、所属大学研究倫理委員会の承認を得て行った。

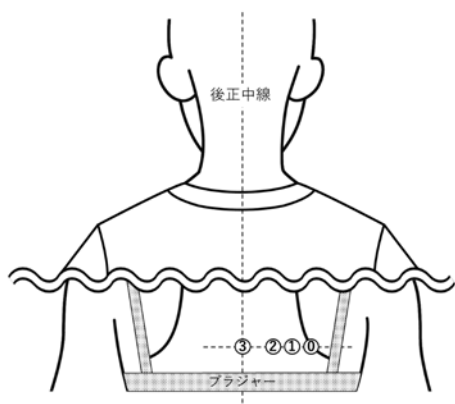


図3 皮膚振動センサ貼付位置

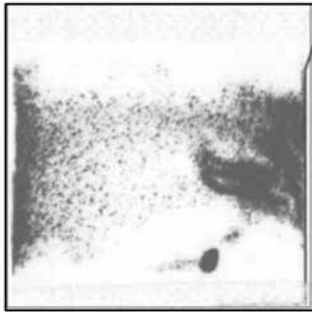


図4 接触後の圧力測定フィルム結果例(肩先点)

## 2. 結果

### 2. 1 実験A

実験により得られたフィルムの例を図4に示す。上肢運動により衣服との接触後、フィルムに発色部分が生じた。スキャンしたフィルム面積の総ピクセル数と発色したピクセル数から、各部位の接触面積率(%)を算出した(図5)。得られた接触面積率は0.4~28%程度で、値の大きかった

部位は、b頸側、c後中心頸付根、d肩先上、m肩甲骨の4部位、小さかった部位は、f腹部中央、i前斜側WL、k後中心中、l腰中心の5部位であった。d肩先上、m肩甲骨の2部位において、他部位との有意差が示された。

## 2. 2 実験B

### 2. 2. 1 実験B-1

実験B-1で得られた、皮膚振動波形並びにそのパワースペクトル密度(PSD)の結果例を表4に示す。皮膚と衣服の接触部位として選択した肩甲骨突出部位に最も近い部位が部位1、最も離れた部位が部位3であるが、接触部位から離れるほど振動波形の振幅が小さくなり、皮膚振動が減衰する様子が観察された。またPSDでは、接触部位から離れるほど、100Hz以下の低周波数帯の成分が大きく減少する様子が見られた。被験者や着衣条件により得られる振動波形は異なるものの、部位比較した際、接触部位から離れた際の振動減衰や、周波数成分の変化は似た傾向を示した。

解析により得られた、振動強度及び周波数中

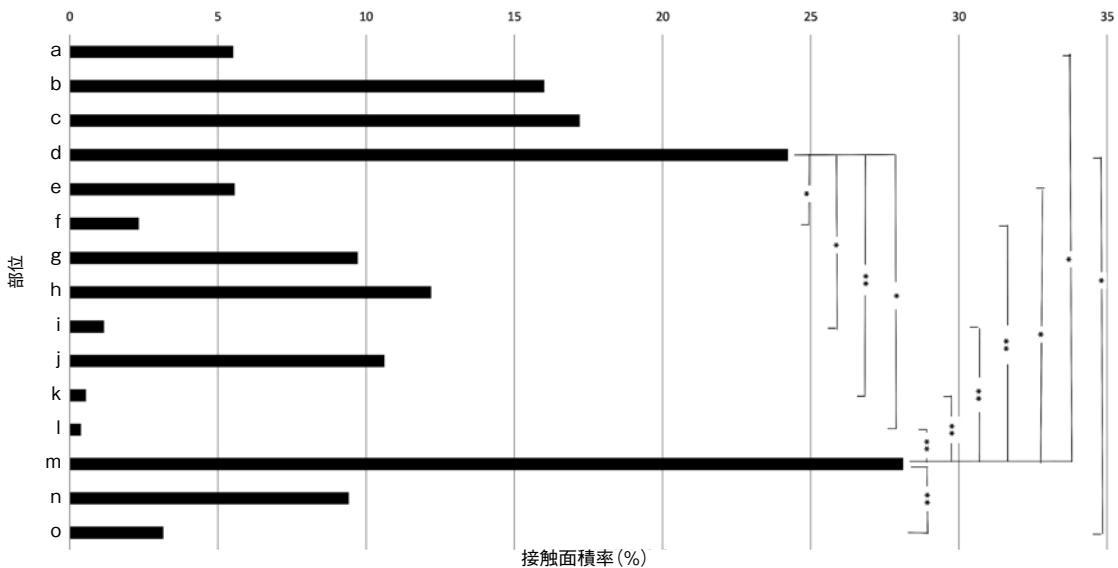
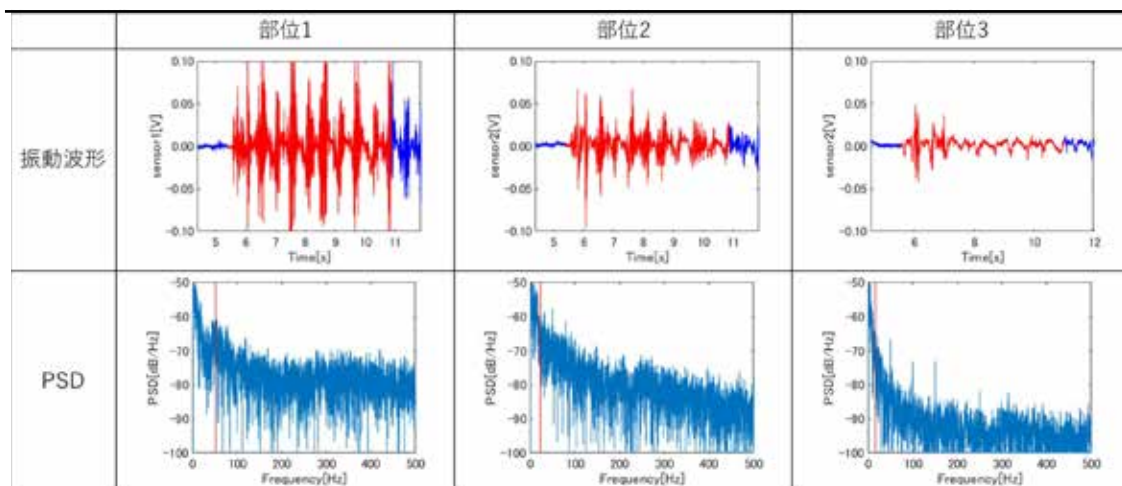


図5 上肢運動後の各部位の接触面積率(%)

表4 各部位における振動波形とパワースペクトル密度(PSD)の例



中央値の動作比較を図6, 7に示す. 振動強度は, 160bpmで腕振り動作をした際に有意に大きく(図6), 周波数中央値は動作速度が異なっても変化しない様子が示された(図7). 図8, 9に, 振動強度及び周波数中央値の, 部位別着衣比較を示す. 振動強度では, 部位1の振動強度が部位3に比し有意に大きく, また着衣比較では, 部位1・部位2において, すべての着衣条件間で有意

差が得られ, Tシャツ着用時(B+Ct及びB+Pt)の振動強度が大, 特にポリエステルTシャツ着用時(B+Pt)に振動強度の大きくなる様子が示された. これに対し, 最も振動強度の小さい部位3では, 着衣間の有意な差は得られなかった(図8). 周波数中央値では, 皮膚と衣服素材の接触部位から最も近い部位1で周波数中央値が低く, 中でもブラジャーのみ(B)の値が有意に小, 衣服非着用時の周波数中央値の低くなる様子が示された. 部位

\*\* : P<0.01

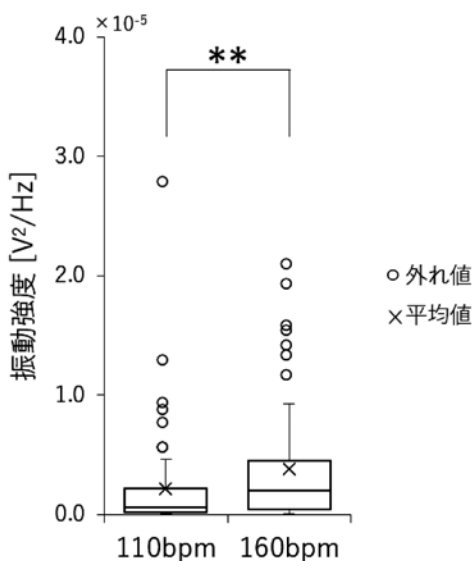


図6 振動強度の動作比較

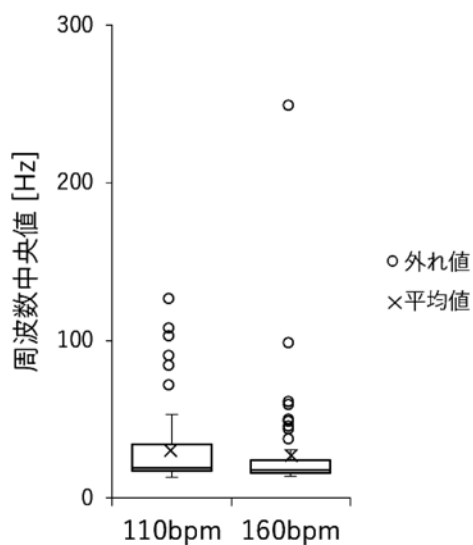


図7 周波数中央値の動作比較

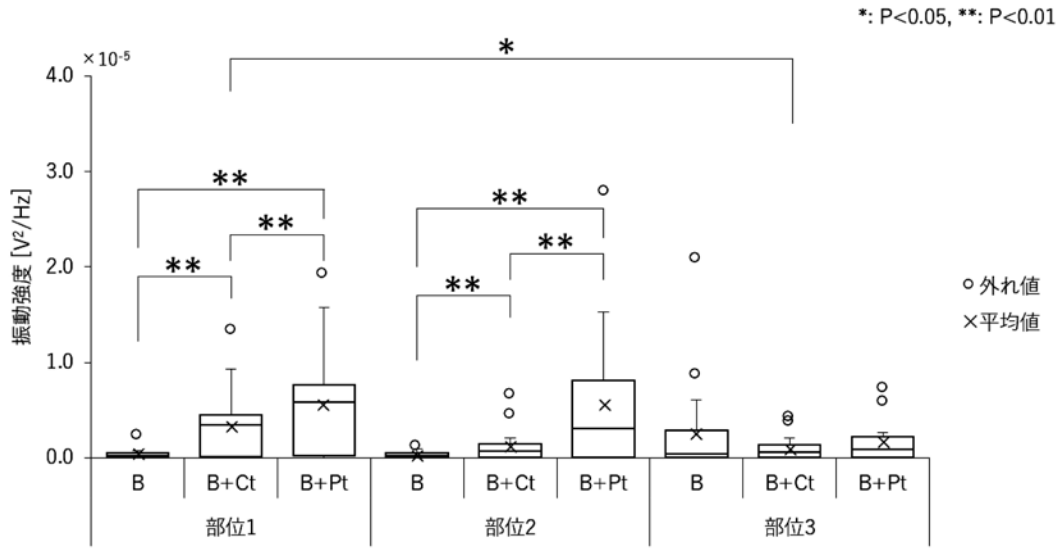


図8 振動強度の部位別着用条件比較

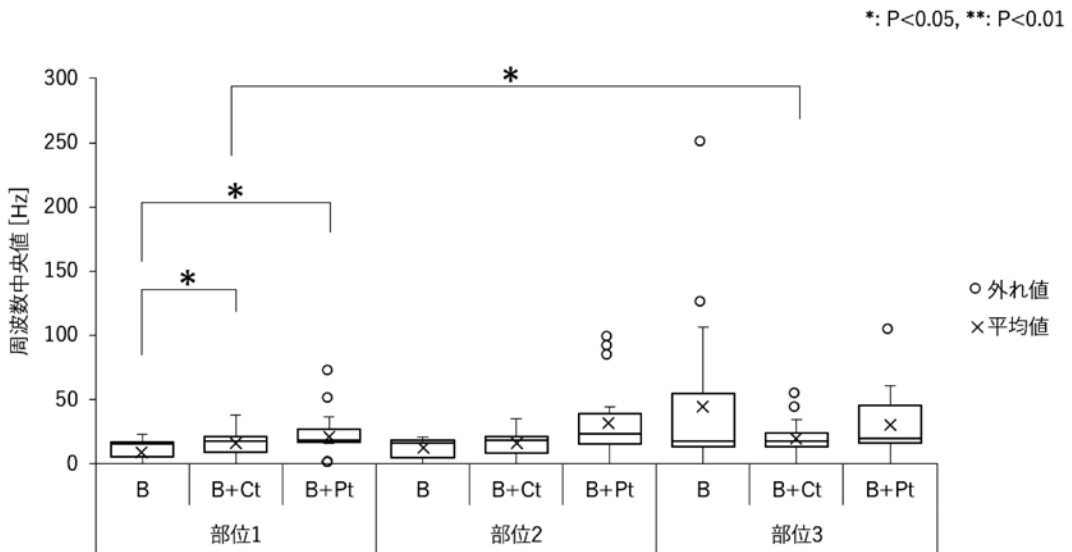


図9 周波数中央値の部位別着用条件比較

2においても、着用間比較は部位1と類似した傾向が示されたものの、有意差は得られず、また部位3の周波数中央値は、部位1・部位2より有意に高く、着用条件間においても異なる傾向が示された(図9)。

### 2. 2. 2 実験B-2

実験B-2で得られた皮膚振動の結果を図10, 11に示す。振動強度の着衣比較では、野球の振

動強度が最も小さく、サッカーと野球、野球と一般スポーツ間で有意差を得た(図10)。周波数中央値では、サッカー及び野球の値が小、剣道及び一般スポーツの値が大の傾向にあり、サッカーと剣道、野球と一般スポーツ間で有意差を得た(図11)。着用感(官能評価)の結果を図12に示す。着用間比較では、粗さ感・硬軟感・温冷感・快適感・嗜好感において1%水準で有意差を得、剣道がざ



な衣服設計に資する皮膚振動研究の展開に向けた基礎データの収集を試みた。

### 3. 1 実験A

近年、高伸縮性のストレッチ性衣料が広く浸透し、衣服が絶えず皮膚に接触、摩擦し続ける状態が、現代の衣生活では日常的なものとなっている。衣服と皮膚の接触に関し、従来の着心地研究では、衣服圧計測による検討が主になされてきた。衣服圧計測手法として報告例の多いエアパック式衣服圧測定では、30kPa<sup>7)</sup>にも至る強い圧力までも含む、法線方向の負荷を評価できる。本研究では、衣服と皮膚の法線方向と接線方向、合わせての微細な接触を捉えるため、エアパック式ではなく、圧力測定フィルムを用いての検討を行った。上肢運動時における体幹部の接触部位として、肩甲骨と肩先上での接触面積が有意に大であった。肩部周囲及び上肢帯である肩甲骨は、身体形状として凸であり、また多軸関節である肩関節の可動域の大きさから、衣服との接触が大であったと考えられる。接触面積が小さい部位、前正中線や後正中線近傍は、身体の凹凸における凹部ゆえ、衣服が皮膚に接触せず、値が小さかったと考えられる。以上より、体幹部においては、上肢の動きに伴い、特に肩甲骨突出部で皮膚と衣服素材の接触が多い様子が明らかとなった。

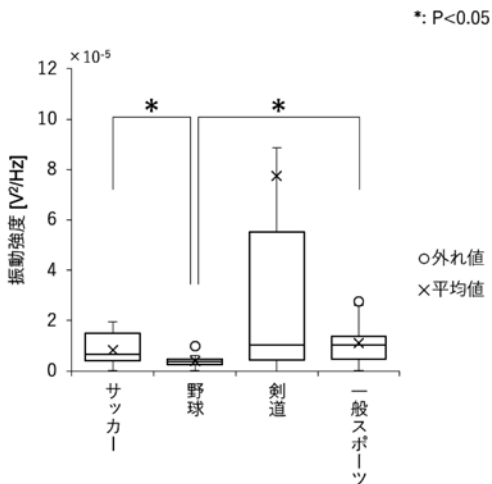


図10 振動強度の着衣比較

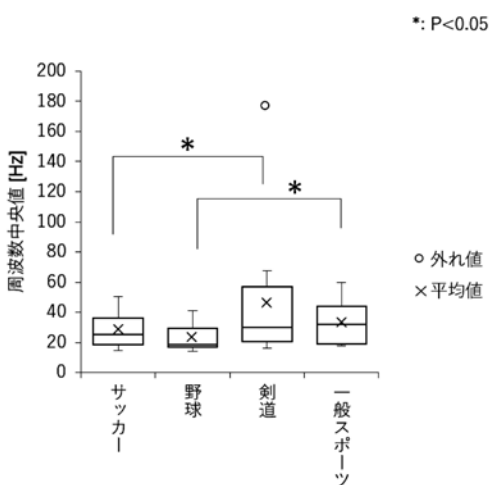


図11 周波数中央値の着衣比較

らざらでかたく、あたたかく、不快で嫌い、一般スポーツで快適かつ好きと評価する傾向が示された。

### 3. 考察

本研究では、体幹部における衣服と皮膚の接触の様子を明らかにし、接触に伴う皮膚振動の伝播を観察、皮膚振動測定に適する部位の検討を行った。さらに、数種のスポーツウェア着用による皮膚振動の実態を明らかにし、着用感も併せ、快適

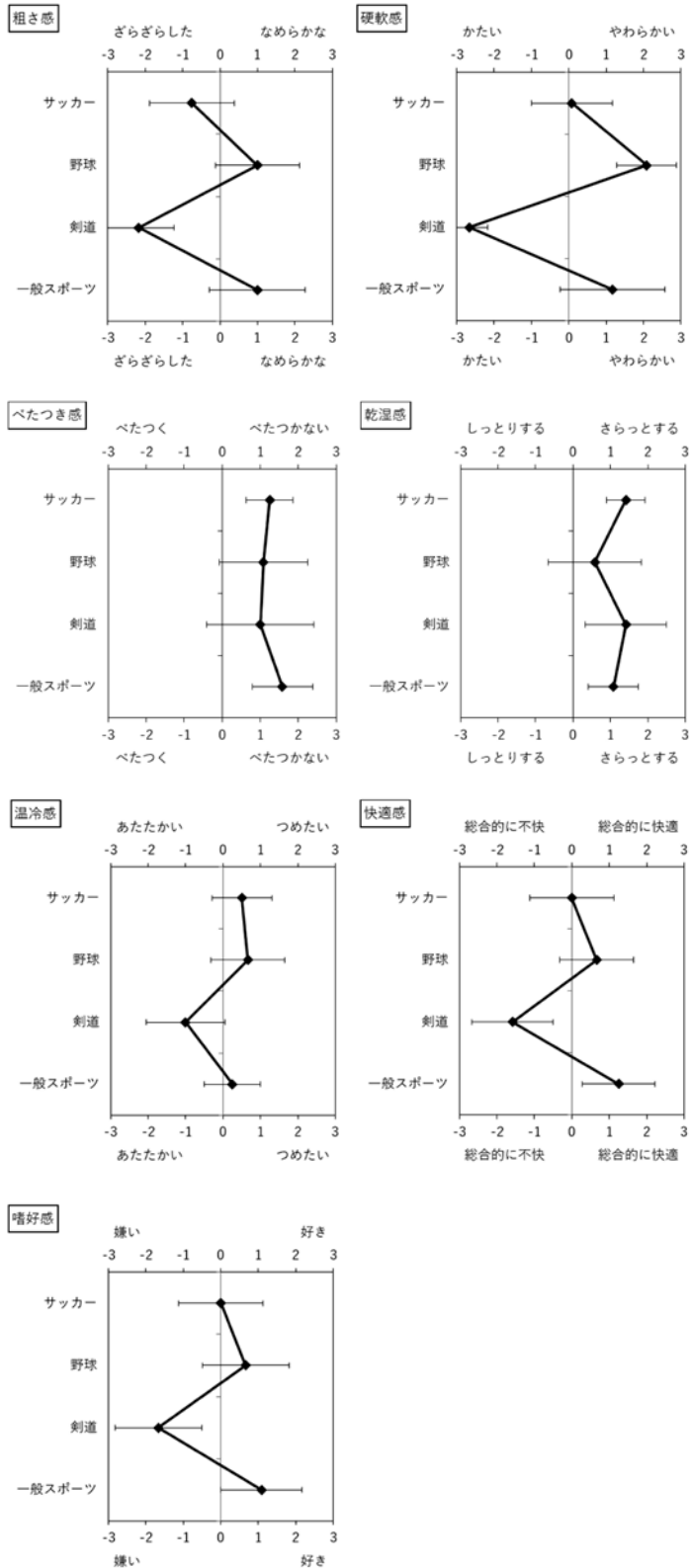


図12 着用感評価結果

する際、その速度が速いほどエネルギーが強く、110bpmより160bpmで腕振り動作をした際、振動強度が大きくなったと考えられる(図6)。周波数中央値で有意差が認められなかったのは、本実験で得られた皮膚振動が、衣服と皮膚の接触・衝突に依存した振動であることに起因すると考えられる(図7)。

振動強度の部位比較では、皮膚と衣服素材の接触部位から最も近い部位1の値が有意に大きく、着衣比較では、部位1・部位2において、Tシャツ着用時の振動強度が大であることが明らかとなった(図8)。また、綿TシャツとポリエステルTシャツでは、綿Tシャツ着用時(B+Ct)の振動強度が小さくなる様子が示された。表4において、距離減衰による振動の減衰が示されたように、振動の減衰によって、接触部位から離れるほど、強度も小さくなったと考えられる<sup>8)</sup>。Tシャツ着用で振動強度が大きくなるのは、皮膚と衣服の接触による振動が増えたためと考えられる。さらに、綿TシャツとポリエステルTシャツで、綿Tシャツ着用の振動強度が小さいのは、素材の厚さと表面特性のいずれか、またはいずれもが影響した可能性が考えられる。即ち、綿Tシャツの布の厚さはポリエステルTシャツのそれより薄く、素材の表面特性である摩擦係数は、MMDの値がポリエステルの約半分、綿ですべりやすくざらつきの小さい傾向を示したため(表2)、皮膚への布の当たり、接触が、綿Tシャツでソフトであり、振動強度に反映したと考えられる。

周波数中央値の部位別着用条件比較では(図9)、皮膚と衣服素材の接触部位から最も近い部位1において、Tシャツを着用した際に周波数中央値が有意に高くなる傾向が示された。部位2でも同様の傾向を示し( $B < B+Ct < B+Pt$ )、衣服素材の接触により、皮膚振動に高周波成分が付加されることを示すと考えられる。また、部位3の周波数中央値は全く異なる傾向、すなわち、部位

1より有意に高い値を示し、着衣間比較で差は得られなかった。これは、皮膚振動の低周波成分が部位3まで伝播していない可能性が考えられる。皮膚振動データにセンサの電氣的ノイズが含まれることは測定上やむを得ず、部位3で周波数中央値が有意に高く、着衣差が得られなかったのは、信号強度に対し電氣的ノイズが多くを占め、部位1・部位2のような試料間の傾向のみみられなかったと考えられる。

以上、皮膚振動の伝播特性と振動測定上の電氣的性質から、体幹部(背部)における衣服接触による皮膚振動測定では、皮膚と衣服素材の接触部位から最も近い、部位1が最適な測定部位と考えられる。

### 3. 2. 2 実験B-2

実験B-1より、部位1が体幹部における皮膚振動測定に適する部位であることから、部位1を測定部位として、スポーツウェア着用時の皮膚振動について検討を行った。サッカー・野球・剣道・一般スポーツの4種のスポーツウェアを着用し、腕振り動作をした際の振動強度は、野球が有意に小さく、剣道が大の傾向、サッカーと一般スポーツが同程度である様子が示された(図10)。実験B-2で使用した試料一覧(表3)のサイズより、野球の身幅(①)は最も細く、次いでサッカーの順、一般スポーツと剣道は身幅にゆとりのあるデザインであった。野球は、身幅の最も広い剣道より8~10cmほど細身のデザインである。また、素材の剛軟度は野球で最も小さく、サッカー、一般スポーツ、剣道の順に大きくなり、摩擦特性は、MMDの値が剣道で突出して大きい傾向を示した(表3)。皮膚振動は、皮膚と衣服が接触・衝突した際に生じるため、細身で皮膚と衣服の間の空間が狭く、柔らかい素材の野球は、皮膚と衣服の強い衝突が生じにくく、振動強度が小さかったと考えられる。剣道の振動強度が大であったことについては、剣道の身幅が広く、皮膚と衣服の間にゆ

とりがあり、さらに厚みのある、かたいざらつく素材であるため、皮膚に素材が接触・衝突した際の振動が大きかったと考えられる。サッカーは野球に次いで細身のデザインであるが、野球より厚くかたい素材であり、野球より振動強度が大になったと推察される。一般スポーツについては、剣道に次いでゆとりのある身幅であるが、素材の厚さ、剛軟度共に、剣道の半分以下で、MMDの値はたてよこ共に小、ざらつきが小さな素材であり、皮膚への衝突がやわらかく、振動強度が小さくなったと考えられる。

周波数中央値については、振動強度の試料間順位とほぼ同様であった。素材との強い接触・衝突で振動が大きくなり、また周波数も高くなるため、振動強度と似た傾向を示したと考えられる。

着用感評価では、着衣間比較において、粗さ感・硬軟感・温冷感・快適感・嗜好感で有意差を得た。有意差の得られなかったべたつき感・乾湿感については、汗をかくほどの運動・環境ではなかったため、着用差が得られなかったと考えられる。

快適感及び嗜好感で、一般スポーツが4種のウェア中、最も快適かつ好きと評価がなされた。先行研究において、振動強度と快適・嗜好感に有意な相関が得られ、振動強度が小さいほど快適かつ好きと評価される傾向にあった<sup>5,9)</sup>。しかし、本研究結果で最も振動強度の低い野球は、一般スポーツより快適・嗜好の評価が低かった。本研究における官能評価は、衣服着用時のいわば受動的な接触に対する、総合的な着用感評価であるのに対し、先行研究は能動的なぞり動作で、指先のみ限定的な接触部位に対する評価であり、そのまま当てはめることはできない。今後、衣服着用時の不快における、皮膚振動の要素を検討するにあたり、本研究により明らかになった点、すなわち、衣服の皮膚への接触・衝突の強弱に、衣服のゆとりや素材特性等の複合的な要因が関与する点を考慮する必要がある。それらに配慮しての実験条

件設定、モデル実験と組み合わせての検討により、新しい着心地研究への展開が可能と考える。

#### 4. 結 語

本研究ではまず、衣服着用時の体幹部皮膚と衣服の接触について検討し、顕著な接触部位として、肩先と肩甲骨が示された。次に、接触部位の一つ、肩甲骨突出部に焦点を当て、その近傍で、皮膚振動計測の可能性を探った。皮膚と衣服素材の接触から生じる皮膚振動について、振動強度と周波数中央値の検討から、接触部から2cmほど離れた部位を、測定に適する部位として見出した。さらに数種のスポーツウェア着用時における皮膚振動データを解析し、非着用時に比しウェア着用時に振動強度が大となることを明らかにすると共に、試料ごとに一定の傾向を得た。着用感と皮膚振動の関係性については、先行研究での能動的な衣服素材への接触と、本研究での受動的な接触では異なる様子が示された。着用時の衣服と皮膚の接触は、衣服素材の接触・衝突による受動的な圧力刺激によるもので、衣服のサイズやゆとり、生地 of 厚さや素材の特性等、複合的な要因が、接触時の皮膚振動に影響する可能性が示された。

#### 謝 辞

本研究に助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学財団に深謝いたします。実験に多大なるご協力を賜りました劉夢君さんに御礼申し上げます。被験者としてご協力いただきました皆様、研究を温かく見守っていただきました文化学園大学の皆様に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 佐藤真理子, 田村照子, スポーツウェアのトライボロジー, トライボロジスト, 58 (1), 10-16, (2013)
- 2) 徐賢敏, 佐藤真理子, 田村照子, 松井有子ほか, スポーツウェアによる皮膚摩擦の実態と摩擦条

- 件が皮膚表面微細三次元構造に及ぼす影響, 日本繊維製品消費科学会誌, **58** (10), 53-61, (2017)
- 3) Y. Tanaka et al., *Proceedings of the IEEE World Haptics Conference*, 146-151, (2015)
  - 4) 佐藤真理子, 伊豆南緒美, 松井有子, 田中由浩, スポーツウェアにおける触覚と皮膚振動に関する基礎研究, *デサントスポーツ科学*, **41**, 10-24, (2020)
  - 5) 伊豆南緒美, 田中由浩, 佐藤真理子, 皮膚振動・摩擦と衣素材の触感に関する研究, *Journal of Fiber Science and Technology*, **77** (9), 239-249, (2021)
  - 6) 伊豆南緒美, 田中由浩, 佐藤真理子, 布に触れた際の皮膚振動および摩擦の加齢変化, *繊維製品消費科学*, **63** (7), 459-468, (2022)
  - 7) 横井亮子, 吉田美奈子, 笹川栄子, 平田耕造, ガードルの圧迫が身体に及ぼす影響について, *日本繊維製品消費科学会誌*, **47** (9), 537-547, (2006)
  - 8) 前田節男, 久米靖文, 劉仲庸, 指先・手腕系の振動伝達特性, *日本経営工学会誌*, **33** (4), 308-313, (1982)
  - 9) Klöcker A., Wiertelowski M., Théate V., Hayward V., Thonnard J.L., *Physical factors influencing pleasant touch during tactile exploration.*, *PLoS One.*, **8** (11), e79085. (2013)