

肌着の触感評価法における心拍変動解析と近赤外線分光分析法 (NIRS) の有効性に関する検討

A Study on the Effectiveness of Spectral Analysis of Heart Rate Variability and the Near-Infrared Spectrophotometric Analysis Method (NIRS) in Evaluating the Touch Sensation of Underwear

須田 理恵*、田村 照子**

Rie Suda, Teruko Tamura

要旨

本研究においては、既報（須田と田村 2006）の研究結果より選定された肌触りの異なる市販肌着試料A、Bを用いて、若年成人女子を対象に心拍変動解析法と近赤外線分光分析法による肌触りの評価を試みた。試料Aは表面が滑らかで好まれたものであり、試料Bは表面が粗く好まれなかったものである。心拍変動の結果、試料Aの交感神経がより亢進している点で共通性が見られるものの有意な差は認められなかった。近赤外線分光分析法（Near Infrared Imaging System、以下 NIRS と称する）の結果、脳活動の増加の傾向が認められるが有意差はなく、肌着の肌触りを評価する上では、試料間の差の設定、着用時の測定時間、差替え動作の統制、頭髮アーチファクト制御等の検討課題が抽出された。物理及び表面特性が大きく異なる試料を対象とした、これらの先行研究の結果を受けて、市販肌着程度の肌触りの差について神経生理学的手法による評価の有効性を検討した結果、いずれの手法についても試料間の有意差を得ることはできず、心理的には明確に差のある肌触りの差をこれらの手法で判定することは、現状では困難であるとの結論が得られた。

●キーワード：肌着（underwear）／肌触り（touch sensation）／心拍変動（heart rate variability）

I. 緒言

肌着は長時間に亘り人体に密着して着られることから、安全性、機能性、快適性を含む着心地の良さが求められる。肌着の着心地を考える上で、肌触りは重要な要因である。肌着の肌触りに関する研究としては、布地の物理特性を測定した風合いの調査や、物理特性と着用感を比較したものが多く見られる。先に、須田と田村（2006）は、肌触りの異なる 10 種の市販肌着を対象に、肌触りに及ぼす接触部位、環境温度の影響を検討した。その結果、着用感の環境温度の依存性が認められ、各種環境における体温調節、特に体幹部の水分蒸散量の影響が明らかにされている。一方、近年、非侵襲計測技術の開発とともに、より簡便にヒトの自律神経活動や中枢神経活動を含む生体の反応を計測できるようになり、着用感をヒトの神経生理反応によって捉えた研究も散見されるようになった。心拍変動解析法を用いて肌触りの評価を行った研究には、綿貫ら（2001）、田村（2004）、石丸（2006）上條（2011）がある。綿貫ら（2001）は、肌着の自律神経活動への影響を検討した結果、ごわごわした肌着を着用すると柔らかい肌着を着用したときよりも副

交感神経指標が減少し、交感神経活動指標も減少したと報告している。さらに、脳波の分析によりごわごわした肌着を着用した時の方が脳活動のレベルが低下すると報告している。田村（2004）は、寝衣の肌触り評価における副交感神経活動指標の結果、柔らかな寝衣で上昇し、硬いがさがした寝衣では優位になりにくいと報告している。石丸（2006）は、触感の異なる衣服を着用し心理状態と生理反応の関係について検討した結果、やわらかい触感の衣服は心理・生理的にリラックスした状態を示したと報告している。上條（2011）は、風合いの異なるタオル地の肌触りを評価した結果、肌触りが良く快適感を感じたタオル地は、副交感神経活動指標が上昇し、風合いが悪く不快と感じたタオル地は、交感神経活動指標が上昇したと報告している。また、近赤外線分光分析法（Near Infrared Imaging System、以下 NIRS と称する）は、ヒトの中枢神経活動である脳機能を測定するためのツールとして、最近様々な分野で測定され注目されている測定機器である。医療現場をはじめ、工学分野にいたるまで幅広く使用されているが、NIRS を用いた触感の研究例では、床材の違いを手掌や足裏の肌触りによって

調査したもの（佐藤ら 2001）が見られるほか研究事例は少ない。

本研究においては、肌触りの異なる 2 種の市販肌着試料を用いて若年成人女子を対象に、心拍変動解析法と近赤外線分光分析法による評価を試み、肌触り評価におけるこれらの評価方法の可能性について検討を加えた。

I-1. 実験試料の選定について

試料は、2005 年に実施した市販の肌着素材 10 種の着用感評価で抽出された好まれた試料（試料 A）と好まれなかった試料（試料 B）である（須田と田村 2006）。表 1 に、各試料の諸元ならびに代表的な熱・水分特性、力学特性を示す。A、B 両試料の特徴を見るために、主な物性項目を取り上げ、標準化（ $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$ ）したデータを用いて比較すると図 1 のようである。試料 A は、3 層のフライス編地で、布地表面は平坦で滑らかな特性を持っている。一方、試料 B は、タックフライス編地で編み目が粗いことから布地表面に凹凸があり表面粗さの凹凸の変動 SMD が高く、透湿性も高い。図 2 は、気温 28℃ の中立環境において実施した着用時の主観評価の結果である。試料 A は、滑りが良く、しなやかで、総合的に快適で、好きと評価されている。他方、試料 B は、滑りが悪く、ごわごわとしており、総合的に不快で、嫌いと評価されている。この主観評価の結果は、上記の物性の特性を反映している。

表 1 試料諸元および物性値

No.	選手	編み組織	厚さ (mm)	平面重 (g/m ²)	糸密度ウェル (本/10cm)	透気性 (cf/at/sec)	WT (gf/at/ウェル (コース))	B (gf/at/ウェル (コース))	G (gf/at/ウェル (コース))	表面粗さ SMD (μm)	WC (gf/at/ウェル (コース))	接触温冷感 q _{max} (W/m ²)	保湿度 (%)	吸湿度 (%)	透湿性 (%)	吸水性 (mm)
A	E(ポリエステル): 54% C(綿): 46%	三層フライス	0.088	135.7	39	194.5	2.02	0.010	0.39	1.968	0.056	0.093	25.8	2.6	28.9	1.6
							5.32	0.014	0.29	5.730						
B	E(ポリエステル): 43% A(アクリル): 27% C(綿): 25% L(ポリウレタン): 5%	タックフライス	0.113	140.3	48	-	3.00	0.005	0.52	11.502	0.07	0.090	18.6	3.1	30.8	5.6
							13.28	0.008	0.34	20.000						

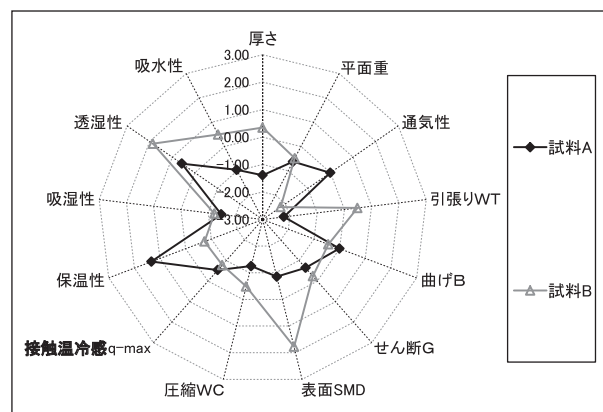


図 1 各試料の物性値の比較

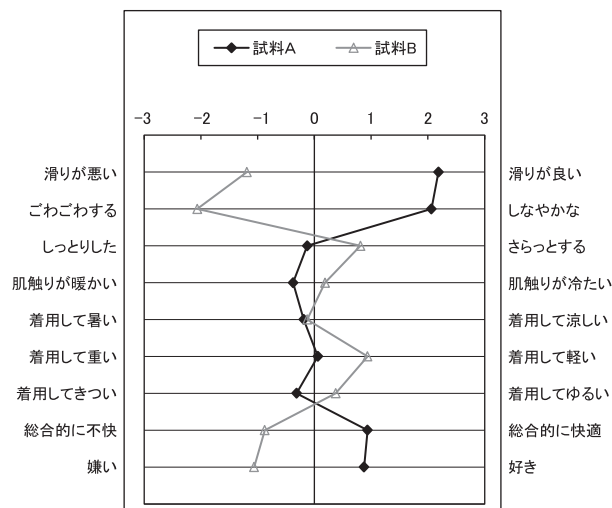


図 2 着用感の評価

II. 心拍変動解析による評価

II-1. 解析方法ならびに実験条件

(1) 心拍変動の解析方法

心拍変動の解析に必要な心電図の採取は、胸部双極誘導法（図 3）によった。この時、呼吸による影響を排除するため、呼吸統制を 0.25Hz（呼吸 2 秒、吸気 2 秒）とした。心電図より得られたデータの中から、図 3 のように R-R 間隔の心拍変動波形を抽出し、周波数解析（Memcal 法、(株) intercross、intercross310）を実施した。周波数解析の結果、(0.04Hz～0.15Hz) の低周波領域である LF (low frequency) 成分と、(0.15Hz～0.40Hz) の高周波領域である HF (high frequency) 成分を検出し、LF/HF 成分比を、交感神経活動の指標として、HF 成分を副交感神経活動の指標として用いた（図 4）。

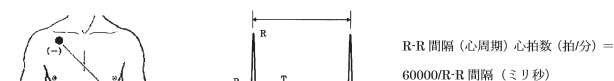


図 3 心電図用プローブ波形装着部位
(胸部双極誘導法と R-R 間隔の心拍変動)

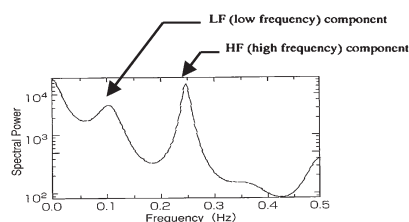


図 4 低周波数帯域 (LF 成分) と高周波数帯域 (HF 成分)
(小林 2002) より

(2) 実験時期および環境条件

実験は、2005年7月から8月にかけて、文化女子大学人工気候室A室で行った。環境条件は、温度 $28^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度は $50\% \pm 5\%$ 一定である。環境温度の設定は、試料布の触感のみの反応を測定すること、また、環境条件を変えることに伴う被験者の生体への負担を少なくするために、暑くも寒くもない温熱中立環境 28°C に設定した。実験は、生理反応の日内変動を考慮して、早朝や夕方以降には行わなかった。実験は、同一被験者は同一時刻にて行った。

(3) 被験者

被験者は、21歳～36歳の健康な女性12名である。被験者の身体的特性を表2に示す。平均年齢 26.6 ± 6.2 歳、平均身長 $154.9 \pm 5.7\text{cm}$ 、平均体重 $48.3 \pm 7.4\text{kg}$ 、平均体表面積 $1.46\text{m}^2 \pm 0.11$ 、平均BMIは 20.0 ± 2.6 で、いずれも自己申告において通常Mサイズを着用している被験者である。被験者中、糖尿病などの自律神経疾患の症状や、心電図で明らかな異常な波形を示すものは含まれていない。被験者には、前日十分な睡眠をとり、実験開始2時間前から飲食を控えて貰った。倫理的配慮として各被験者には、事前に研究内容、匿名性の守秘を説明し、紙面にて同意を得た。さらに、実験当日の健康状態についても、実験前に問診により確認した。実験はヘルシンキ宣言を遵守するものである。

(4) 実験手順

被験者は、人工気候室に入室後、ショーツ、長ズボンの実験服のみを着用した状態で心電図用のプローブを装

着し、10分間椅座安静を保った後、心電図の計測を開始した(図5)。まず、閉眼で5分間の安静をとった後、開眼でコントロール(裸)の測定を3分間行い、その後、試料Aと試料Bを3分間ずつ着用し、主観評価を行った。試料の着用順の影響を防ぐために、試料の順序を入れ替え再度、着用してもらった。測定項目は、心電図、主観評価である。図5に示す波形は、上段がHF成分、下段がLF/HF成分である。この波形でも分かるように、心拍変動は、常にゆらぎが生じる。特に着脱しているときや主観申告時等による波形の乱れ、また、個人によっても揺らぎ方が様々である。そのため、解析を行う場合に配慮が必要である。すなわち、着用時の3分間のデータ中、着衣直後のデータには、それ以前の50秒のデータが反映されている。そこで、本研究では、1分目以降のデータ7個の平均値を用いて解析を行った(図6)。

表2 被験者の身体的特性

被験者 No.	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	B.S.A* (m^2)	B.M.I** (kg/m^2)
1	34	158.0	50.0	1.5	20.0
2	33	148.0	40.0	1.3	18.3
3	34	153.0	40.0	1.3	17.1
4	29	144.0	38.0	1.2	18.3
5	25	158.0	45.0	1.4	18.0
6	21	155.0	49.0	1.5	20.4
7	23	150.0	49.0	1.4	21.8
8	21	162.0	46.0	1.5	17.5
9	36	157.0	51.0	1.5	20.7
10	21	160.0	65.0	1.7	25.4
11	21	162.0	52.0	1.6	19.8
12	21	152.0	55.0	1.5	23.8

* Body surface area = $\text{Weight}^{0.425} \times \text{Height}^{0.725} \times 0.007246$

** Body Mass Index = $\text{Weight}/\text{Height}^2$

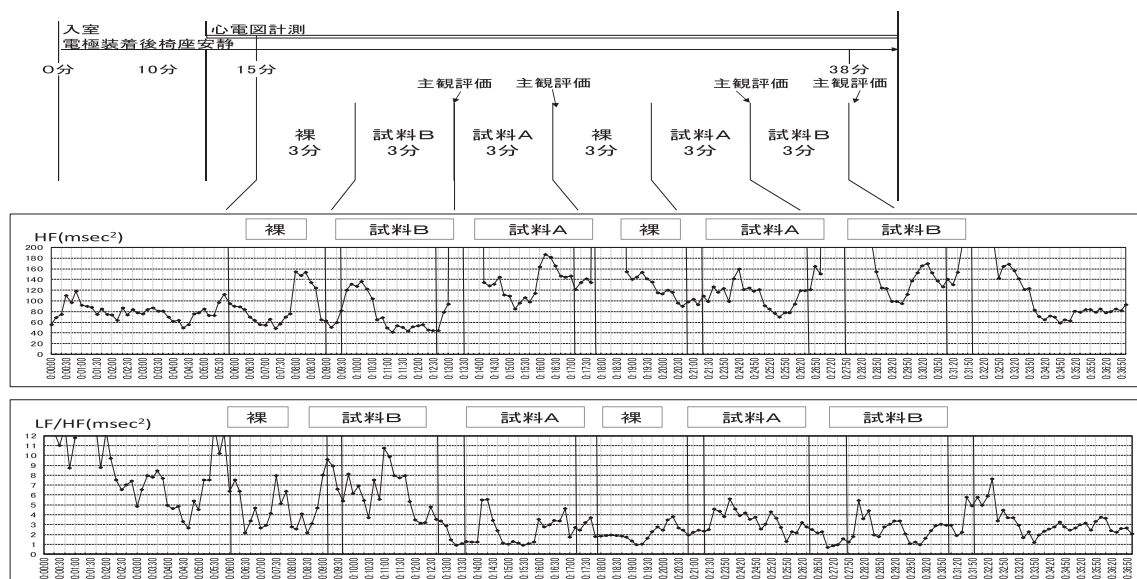


図5 実験スケジュールと計測波形

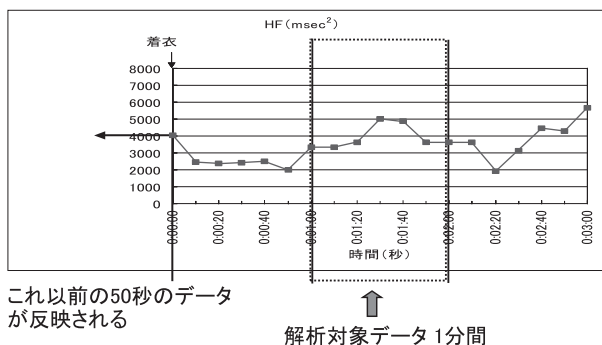


図6 試料着用3分間HF成分変化

Ⅱ-2. 結果および考察

(1) 心拍変動の個体差

各被験者間の個体差を観察したところ、図7、図8のような例が見られた。これはコントロールの裸体時、試料A、試料B着用時の測定3分間の時系列変化を示している。副交感神経のHF成分について見ると、被験者No.2のように1000～5000の間で変化するもの、被験者No.3のように100～300以内で変化するものなどがあつた。このように、個体差が大きいので、以下の結果は裸体時を1としたときの相対値を用いて分析することにした。

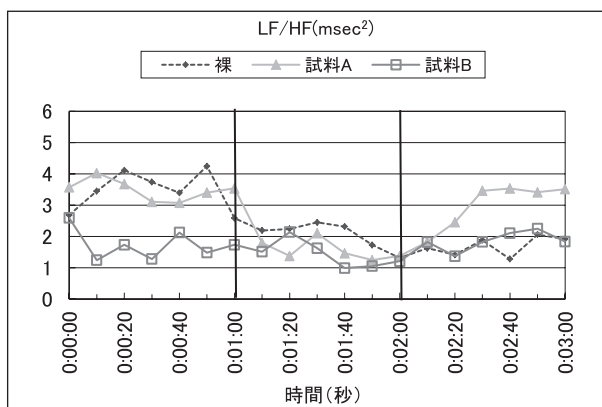
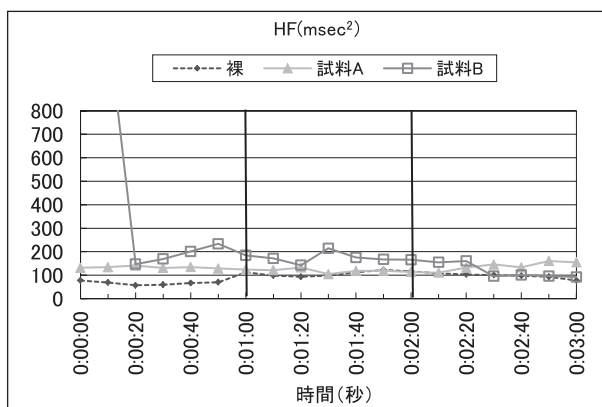


図7 心拍変動の個体差(上段:副交感神経活動HF、
下段:交感神経活動LF/HF)被験者No.3の場合

肌着の影響を検討するために、試料と被験者を要因とする繰り返しありの2元配置による分散分析を行った(表3、表4)。図9、図10は、試料A、B着用時の各被験者のHFならびにLF/HF成分を比較した結果である。表3のHF成分では、被験者が1%の危険率で有意差を示した。LF/HF成分においても、被験者が5%の危険率で有意差を示したが、HF、LF/HF成分ともに試料条件による有意差は認められなかった。個人別に心拍変動に及ぼす試料の影響を観察すると、HF成分においては、試料Aで高い値を示した例が12名中4名、試料Bで高い値を示した例が4名、試料による差が僅少だった例が4名と各条件ほぼ等しくやはり一定の傾向は認められない。表4のLF/HF成分においては、試料Aで高い値を示した例が12名中6名、試料Bで高い値を示した例が4名、試料による差が僅少だった例が2名と、やや試料Aの方が多し。田村(2004)は、柔らかい寝衣で副交感神経が亢進され、硬い寝衣では優位になりにくいと報告している。上條(2011)は、肌触り良いタオル地で副交感神経が亢進され、風合いが悪いタオル地で交感神経が亢進されたと報告している。これらの先行研究結果のよう

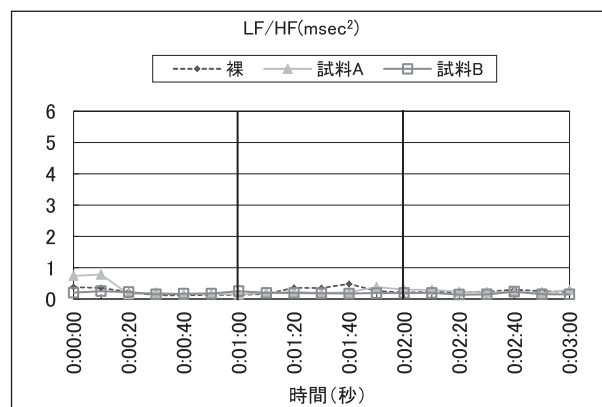
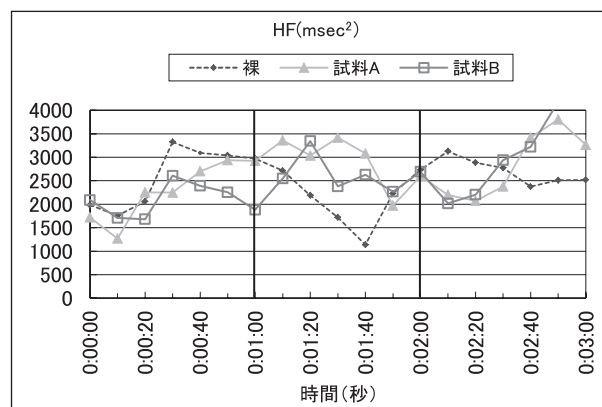


図8 心拍変動の個体差(上段:副交感神経活動HF、
下段:交感神経活動LF/HF)被験者No.2の場合

に、明確な試料による差は見られなかった。また、綿貫ら（2001）は、ごわごわ感の強い肌着では交感神経、副交感神経ともに抑制された報告をしているが今回、好まれている試料Aの交感神経がより亢進している点では共通性が見られるが、有意な差は認められなかった。

以上のことから、主観評価で選ばれた好まれた肌着と好まれなかった肌着ではあったが、心拍変動解析の結果では肌着試料の差異は認められなかった。先の綿貫らの研究では、長時間にわたり皮膚に接触することを条件に実験を行っている。しかし、本研究では、試料布はいずれも市販肌着素材そのままのものであり、異なるとは言え市販肌着の範囲内であるため、非常に近い特徴を持っており、この程度の肌触りの差を心拍変動によって捉えることは、難しいことが示唆された。また、着用直後の肌触りを調査するため、先行研究よりも布地に接触する時間を短くして行ったことも有意差を得られなかった原因かもしれない。このように、肌着の肌触りを評価する上で、試料の選択、接触時間の決め方をどのように選択するのかで結果が大きく異なることが示唆された。また、個人差のばらつきを今後どのように処理するのも検討課題である。

表3 HF 分散分析の結果

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
因子A	0.004	1	0.004	0.038	0.847	
因子B	6.664	11	0.606	5.787	0.000	**
誤差	3.664	35	0.105			
全体	10.332	47				

*: $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

表4 LF/HF 分散分析の結果

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
因子A	0.585	1	0.585	0.658	0.423	
因子B	23.253	11	2.114	2.377	0.026	*
誤差	31.130	35	0.889			
全体	54.969	47				

*: $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

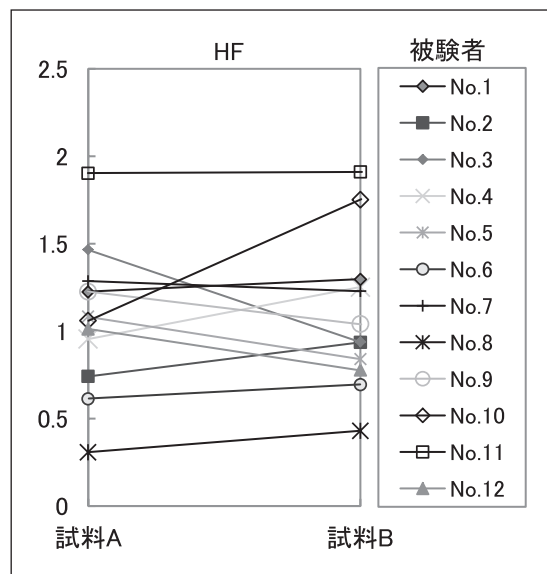


図9 試料A、B着用時の各被験者のHF成分比較

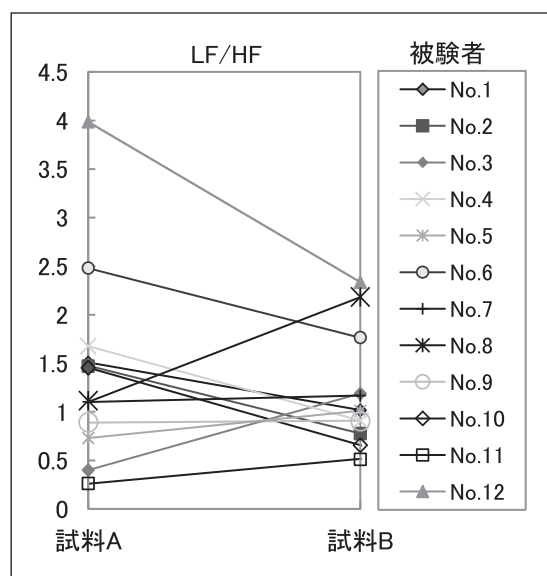


図10 試料A、B着用時の各被験者のLF/HF成分比較

Ⅲ. 近赤外線分光分析法（NIRS）による評価

Ⅲ-1. 解析方法ならびに実験条件

（1）近赤外線分光分析法（NIRS）と解析方法

NIRSは、生体組織に対して透過性の高い近赤外光（700nm～900nm）を用いて、血液に含まれるヘモグロビンの酸化ヘモグロビン（以下、oxyHbとする）と、脱酸化ヘモグロビン（以下、deoxyHbとする）の変化量を計測するものである。光の照射、検出には、光ファイバーを用い、頭皮上に3cm間隔で設置された送光点と受光点により行われる。送光された光は、散乱と反射を

繰り返した後、受光点によって検出される（図 11）。脳活動の測定には PET や fMRI（機能的磁気共鳴画像診断法）などがあるが、これらに比べて拘束性が低く、安全で、シールドルームなどの特別な施設も必要とすることなく、運動中の測定や新生児などの測定にも使用できる利点がある。

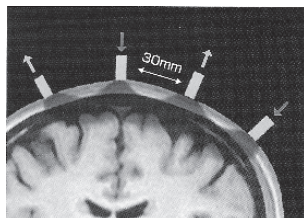


図 11 NIRS の光の経路（網田ら 2005 より）

NIRSにより解析される数値は、各チャンネルの oxyHb、deoxyHb の変化量と、これらの合計の totalHb である。この 3 種の数値のうち、oxyHb の変化が局所脳血流量の変化と最も高い相関を示していることが指摘されている。本研究においても、各タスクの oxyHb の変化量に着目した。なお、タスクすなわち、肌着の着用は 2 回ずつ行い、加算平均をして解析を行った。図 12 は、NIRS の送光・受光点と各チャンネルの位置関係ならびに、頭に計測用の光ファイバーを装着した状態の実験風景である。灰色丸は、それぞれ送光部と受光部、白丸は、チャンネル番号にあたる。送光部と受光部を格子状に並べ 32ch の同時計測を行った。フォルダー位置は、正中中心部（国際 10-20 法における Cz）より 2cm 後ろを中心とした場所に装着した。フォルダーの大きさは、6cm × 18cm で、1 データの取得間隔は 175msec である。計測の結果は、部位毎に図 13 に示す波形画面で出力される。

実験は、2005 年 7 月、文化女子大学人工気候室 A 室で行った。環境条件は、心拍変動解析と同様温度 28℃ ± 0.5℃、相対湿度は 50% ± 5% 一定である。実験は、生理反応の日内変動を考慮し早朝や夕方以降には行わず、同一被験者は同一時刻に行った。

（2）被験者

被験者は、21 歳～36 歳の健康な成人女性 12 名である。被験者の身体的特性を表 6 に示す。平均年齢 27.4 ± 6.2 歳、平均身長 156.3 ± 5.6cm、平均体重 47.2 ± 6.0kg、体表面積 1.45 m² ± 0.1、BMI は 19.2 ± 1.7、いずれも自己申告において通常 M サイズを着用している被験者である。

被験者の留意事項及び倫理的配慮は心拍変動実験と同様である。表 5 に被験者の身体的特徴を示す。

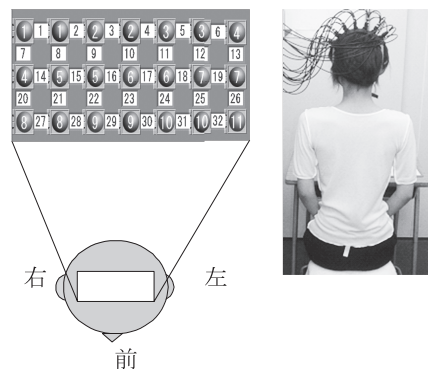


図 12 NIRS の送光・受光点と各チャンネルの位置関係、ならびに実験風景（光ファイバーを装着した状態）

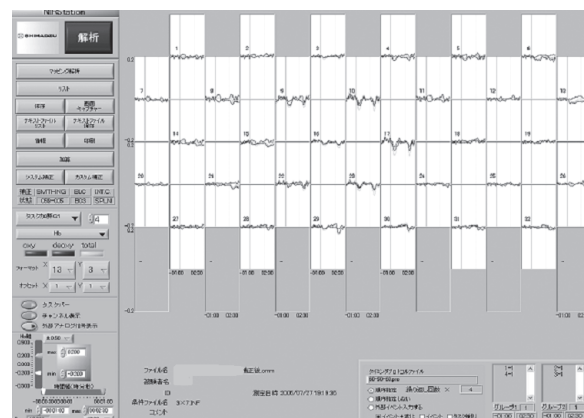


図 13 OxyHb、DeOxyHb、TotalHb 別変化量の時系列グラフ表示例

表 5 被験者の身体的特性

被験者 No.	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	B.S.A* (m ²)	B.M.I** (kg/m ²)
1	33	159.0	55.0	1.6	21.8
2	34	158.0	50.0	1.5	20.0
3	33	148.0	40.0	1.3	18.3
4	34	153.0	40.0	1.3	17.1
5	29	144.0	38.0	1.2	18.3
6	23	157.0	41.0	1.4	16.6
7	21	155.0	49.0	1.5	20.4
8	23	159.0	49.0	1.5	19.4
9	21	162.0	46.0	1.5	17.5
10	36	157.0	51.0	1.5	20.7
11	21	162.0	52.0	1.6	19.8
12	21	162.0	55.0	1.6	21.0

* Body surface area = Weight^{0.425} × Height^{0.725} × 0.007246

** Body Mass Index = Weight/Height²

(3) 実験手順

図 14 に、実験スケジュールを示す。被験者は、実験室内に設置された外部視線遮断の評価ブースに入室後脱衣し、ショーツ、長ズボンの実験服のみを着用した状態で、NIRS のセンサー部を頭部に装着、10 分間椅座安静を保った後 NIRS の計測を開始した。閉眼で 5 分間の安静をとった後、開眼でコントロール（裸）の測定を 60 秒間行った。その後、試料 B を 90 秒間着用し、再度コントロールの測定を 60 秒間行った。コントロール 60 秒－試料着用 90 秒－コントロール 60 秒を 1 試行とした。1 試行は、計 240 秒間である。各試行を連続的に繰り返し、被験者は、試料 2 種を 2 回ずつ測定し 4 試行を行った。測定終了後、試料に対する主観評価を行った。

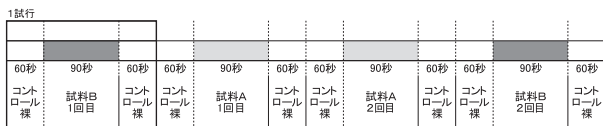


図 14 実験スケジュール

Ⅲ－２．結果および考察

表 6 は、被験者別に oxyHb の増加した部位と試料の結果をまとめたものである。側頭部または前側頭部に増加が見られたのは、試料 A で 12 名中 5 名、試料 B で 2 名であった。一般に脳の oxyHb の増加は、脳活動レベルを表わし快適感が関係するという指摘もある。肌触りがよく好まれた試料 A で、試料 B より脳活動の増加の傾向が認められるが、有意差はなく、変化が認められ被験者も半数近く存在したことを考えると、この結果から NIRS による肌触り評価の可能性を認めることはできなかった。佐藤ら（2001）は、床材の違いを手掌や足裏の肌触りについて NIRS を用いて調査し、カーペットへの手掌の接触において撫でた時に脳活動が低下を示し、天然素材の床材に接触した時には、脳活動が上昇したと述べている。上條（2011）は、表面の粗さが異なる試料について事象関連電位（P300）を用いて、前腕部内側の肌触りを評価した結果、紙やすりを接触させた時に脳活動が上昇したと報告している。これらの場合、対象となる試料の素材による差が大きく効いたと考えられる。綿貫ら（2001）は、ごわごわした肌着と柔らかい肌着の 60 分間着用の影響を中枢神経活動の指標のひとつである随伴陰性変動（CNV）を用いて評価しており、ごわごわした肌着を着用した時の方が脳活動のレベルが低いことを報告している。さらに、被験者に着用感の主観評

表 6 被験者別による oxyHb の変化

被験者	部位	ch 番号	試料
No. 1	側頭部	1、7	A ↑
No. 2	変化見られず		
No. 3	側頭部	1、7	A ↑
No. 4	変化見られず		
No. 5	変化見られず		
No. 6	側頭部	1、7	A ↑
No. 7	前側頭部	26、32	A ↑
No. 8	前側頭部	27	B ↑
No. 9	側頭部	1、7	A ↑
No. 10	変化見られず		
No. 11	変化見られず		
No. 12	前側頭部	27、28	B ↑

価を行ったところ、着用直後に感じていた違和感が 10 分もすると無くなったとし、生理的不快な状態は継続するが言葉としての不快感はすぐに消失すると報告している。本研究では、着用直後の肌触りを評価させることを目的としたため、試料を着脱する動作による脳活動の再現性は見られたが、試料による差を判別するまでには至らなかった。しかし、NIRS 測定におけるベースラインの 0 調整が極めて重要であること、プローブ装着時に頭髮量などによる障害に配慮する必要性が示され、今後の展開に向けて、いくつかの検討課題を抽出できた。

本研究は、物理及び表面特性が大きく異なる試料を対象とした、これらの先行研究の結果を受けて、市販肌着程度の肌触りの差についてもこれら神経生理学的手法による評価が有効であるか否かを検討することを目的としたものである。しかし、残念ながらいずれの手法についても試料間の有意差を得ることはできず、心理的には明確に差のある肌触りの差をこれらの手法で判定することは、現状では困難であるとの結論となった。しかし、一方で、これらを応用するに当たっての留意点、課題のいくつかは抽出することができた。試料間の差の設定、着用時の測定時間、差替え動作の統制、NIRS における頭髮アーチファクト制御等は今後の検討課題としたい。

以上、肌着の触感評価法として心拍変動解析と近赤外線分光分析法の有効性を検討した。本論文は、2005 年に行った「肌着の触感評価法の確立に関する基礎的研

究」の一環である実験結果をもとに構成している。心理評価の結果は、既に論文で報告済みであるが（須田と田村 2006）、生理評価として行った心拍変動解析や NIRS の結果は、有意差が見られなかったため報告を見送った。しかし、その後肌触りの生理評価に関する研究事例は少なく、2.3 の報告結果も必ずしも一致していない。NIRS を用いた肌触りの評価法の検討事例では、新生児を対象としたおむつに関するインターネット上での発表、または各種刺激に対する応答を検討した事例は見られるが、成人女子を対象とした例はなく知見がないのが現状である。そこで、今回改めて我々の実験を見直し、有意差なしという実験結果も肌触りに関する 1 つの知見であると考え、報告することにした。

引用・参考文献

- 網田孝司, 常石召一, 河野 理, 石川亮宏, 小田一郎, 清水公治 (2005): 近赤外光イメージング装置 NIRStation の開発. 島津評論, 61, (3・4), 225-230
- 石丸園子 (2001): 触感と生体反応との関係について. 日本生理人類学会誌, 6, 特別号 (1), 70-71
- 石丸園子 (2006): 心理状態と生理計測値および触刺激との関係について, 日本繊維消費科学会, 47, 772-784
- 石橋圭太, 小林宏光, 安河内朗 (1997): 呼吸統制と呼吸パターンが心拍変動性に及ぼす影響. 日本生理人類学会誌, 2, (2), 19-24
- 市丸雄平 (1997): 心拍変動解析の問題点—心拍ゆらぎの臨床応用における問題点—. 自律神経, 34, (3), 203-224
- 大友詔雄, 田中幸雄 (1999): MemCalc の基礎理論と応用. 第 3 回理学療法基礎系研究部学術集会「生体信号解析の基礎と応用」, 1-6
- 大貫雅也, 福長一義, 福井裕輝, 船久保昭夫, 福井康裕, 中島章夫, 戸畑裕志, 大瀧純一 (2010): NIRS を用いたニューフィールドバック手法の検討. 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会講演論文集, 256-257
- 大峰勝士, 田中希弥, 御手洗幸子, 吉里明彦, 綿貫茂喜 (1999): 布地による心地よさと生理心理反応. 日本生理人類学会誌, 4, (2), 22-23
- 尾形元, 石井良和, 向井利春, 大西秀憲, 八木透 (2009): 精神集中課題時の各種生理学的指標に関する実験. 日本電気学会誌, 129, 10, 1808-1814
- 小澤七洋, 御手洗幸子 (2000): 肌着のやわらかさが子供に内分泌免疫機能に及ぼす影響. 繊維工学, 53, (3), 93-95
- 木原秀樹 (2002): ポジショニングの実験, Neonatal Care, 15 (10), 865-871
- 上條正義 (2011): 感性計測による手触り・肌触り評価方法の検討. 日本化粧品技術者会誌, 45, (2), 92-99
- 日下部正宏 (1997): 血圧・心電図 R-R 間隔変動のスペクトル解析の現状と問題点. 自律神経, 34, (3), 219-224
- 日下隆, 磯部健一, 伊藤進 (2004): 光イメージングの新生児視覚野への応用. MEDICAL NOW, 54, 15-19
- 熊田孝恒, 永井聖剛, 遠藤信貴・横澤一彦 (2007): NIRS による触覚的物体認知にかかわる脳内過程の検討, 日本認知心理学会第 5 回大会, o4B-4
- 小林宏光 (1997): 呼吸性不整脈の周波数応答特性. 日本生理人類学会誌, 2, (2), 7-12
- 佐藤宏, 宮崎良文 (2001): 手掌ならびに足裏の床材への接触による影響—自律神経活動と脳活動を指標として—. 日本生理人類学会誌, 6, 特別号 (1), 66-67
- 須田理恵, 田村照子 (2006): 肌着素材の肌触りに及ぼす気温の影響—第 2 報 着用感による評価—, 日本繊維消費科学会誌, 47, 12, 740-748
- S. Lee, M. Kamijo, M. Honeywood, T. Nishimura, Y. Shimizu Analysis Finger Motion in Evaluating the Hand of Cloth using a Glove-type Measurement System (2007): Text. Res. J., 77, 13-19
- S. Lee, 上條正義, 西松豊典, 清水義雄 (2003) 加速度センサーを用いた布の風合い評価時における指先動作の計測, 日本繊維学会誌, 59 (9), 365-370
- 武安秀俊, 小澤七洋, 石川賢三, 御手洗幸子, 宮辻 綾, 綿貫茂喜 (2001): 天然保湿成分を施した肌着が生体に及ぼす影響. 日本生理人類学会誌, 6, 特別号 (2), 108-109
- 田村照子 (2003): 心地よいねむり衣の条件. 睡眠文化研究所編, ねむり衣の文化誌, 158-172
- 田村照子 (2004): 応用 7 寝心地のよい寝衣・寝具. 田村照子編, 衣環境の科学. 建帛社, 東京, 139
- 能智崇徳, 浅野裕俊, 井出英人 (2010): 近赤外分光法を用いた触感覚評価方法に関する検討. 日本エネルギー経済研究所, 10-077, 35-38
- 丹羽雅子, 酒井豊子 (1999): 衣服と皮膚①—肌ざわりと着ごこち—. 田村照子・酒井豊子編, 着ごこちの追求. 放送大学教育振興会, 東京, 18-34
- 野村有子 (2007): アレルギー性皮膚疾患・乾燥性皮膚疾患における「アミノ酸生活」液体洗剤・柔軟剤の安全性と有用性. 日本臨床皮膚科医学雑誌, 24 (5), 459-462
- 林列成, 田中幸雄, 寺地三朗 (2003): RR 間隔変動データと MemCalc. 心臓, 35, (1), 39-41
- 早野順一郎, 岡田暁宜 (1997): 心拍変動による自立神経機能評価とその応用・加齢と心臓迷走神経機能. 自律神経, 34, (3), 207-213
- 平尾直靖, 八木昭宏 (1996): 布地に触れた際の筋電図・事象関連電位の計測法. 人間工学, 32, (6), 327-332
- 堀場洋輔, 上條正義, 細谷聡, 高寺政行, 清水義雄, 佐渡山亜兵 (2001): 事象関連電位を用いた肌触りの評価. 日本繊維学会, 56, 1, 47-54
- M. Shibata, Y. Fuchino, N. Naoi, S. Kohno, M. Kawai, K. Okanoya and M. Myowa-Yamakoshi (2012): Borad cotical activation in response to tactile stimulation in newborns, Developmentalneuroscience, 23, (6), 373-277
- 綿貫茂喜 (1992): 衣と生理人類学① 生理人類学からみた衣服の重要性. 169, (4), 衣生活, 6-10
- 綿貫茂喜 (2001): 衣類によるスキンケアの背景と現実. MB Derma, 50, 20-25