

積極的快適感誘発衣服の開発

兵庫教育大学 潮 田 ひとみ
(共同研究者) 同 福 田 光 完

A Study on the Development of Clothing that Causes the Positive Comfortable Sense

by

Hitomi Ushioda, Mitsuhiro Fukuda
Hyogo University of Teacher Education

ABSTRACT

As the spadework for the development of the positive comfortable sense causing clothing, we examined a way of evaluating. When treating like the flexible finish and the starching, the skin touch of the clothing material changes. We measured the influence which the change exerts on the human race by the heartbeat RR interval, the fingertip blood flow and the sense physical function value. As a result, the umbrage of the starching material was big and the thing that the tension was high became clear. If living body information is clearly made using such a safe way, it is useful.

要 旨

積極的快適感誘発衣服の開発のための基礎研究として、評価の方法を検討した。日常的に行われる柔軟仕上げ・糊付けといった加工によって

衣服素材の物性が変化するが、その変化がヒトに及ぼす影響を心拍RR間隔と指先血流量と感覚官能値によって測定した。その結果、糊付した試料の不快感が大きく、緊張度が高いことが明らかになった。このような安全な方法を用いて

生体情報が明らかにできれば、有用である。

緒 言

Loving Touchと呼ばれる触刺激が近年話題となっている。ハーロウは、金属製と布製の母サルの模型を作成し、子ザルが金属および布模型のどちらと長時間接触するかを測定し、布製の母サルとの接触時間が長いことを確認している¹⁾。また、触刺激を与えることにより、未熟児の体重増加がみられること²⁾、子ラットへの触刺激によって成長ホルモンが増加すること³⁾などが確認されており、未熟児、子ラット以外にも女子学生に対してセラピューチックタッチを行った場合に塩味覚閾値濃度が低下し、味覚閾値が敏感になること⁴⁾などが明らかになっており、このようないわゆる Loving Touchと呼ばれる刺激は幼児期だけではなく、生涯に渡って重要な触刺激となりうると推測できる。

衣服は、皮膚に日常的に接触しているにも関わらず、衣服・染料の接触刺激による皮膚炎などについては多少の知見が見られるものの、衣服素材と人体との接触によって生じる反応に関する研究としては、小澤らによる硬い肌着がストレスの一因となるとの報告がある程度であり⁵⁾、積極的な快適感を人に与えることができるような衣服素材の設計指針を得ることができれば非常に有用となると思われる。

また、積極的に指先で布地に触れた場合の筋電図の総平均波形と布地の力学的評価値、心理評価との間に相関が見られたとの平尾らによる報告があるが⁶⁾、この評価方法は未だ定性的である。

一方、布地の肌触りに関する研究としては、川端・丹羽らによる一連の風合いの研究がある⁷⁾。人と布との肌触りに関する研究は人体との関わりという方向ではなく、もっぱら布の風合いを物理的に評価するという方向で研究がなされてきたと

いえよう。

そこで、我々は、積極的快適感誘発衣服開発のための第一段階として、衣服加工による刺激が快適感に及ぼす影響を明らかにするために以下の測定を行った。また、快適性の指標として指先血流量が有効であるかどうかを心拍RR間隔との関係、快適感との関係から検討した。その結果、興味ある知見が得られたので報告する。

1. 実 験

1. 1 試料布および試料布の処理方法

試料布には市販の綿パイル地を用いた。このパイル地を事前に洗濯機にて標準濃度で5回洗濯した。その後、タオルを縦147cm、幅18cmの帯状になるように縫製し、次に市販の柔軟剤および糊剤を用いて、柔軟処理および硬化処理を行った。処理濃度はそれぞれ指定の標準濃度およびその2倍濃度を作成し、洗濯機で3分間攪拌後、脱水した。

また、柔軟剤・糊剤を用いずに水のみで3分間攪拌した試料を作成し、基準サンプルおよび試験サンプルとして用いた。水処理試料をN、糊剤標準濃度処理をH1、2倍濃度処理をH2、柔軟剤標準濃度処理をS1、2倍濃度処理をS2と略し、それぞれの力学特性を標準条件にてKES-FBシステム⁷⁾で測定した結果を表1に示す。

1. 2 被験者および実験環境

健康な21歳から23歳の女性5名が被験者として参加した。被験者には測定前2時間以内には食物の摂取を行わないように指導し、実験に際し、アンケート用語と実験内容に関する説明を受けさせ、計算問題の練習を行った。被験者の測定時の衣服は任意とした。実験室は室温32.0℃、相対湿度27%RHに設定した。

接触刺激によって生じられる感覚を図1に示すような11用語対にまとめ、各試料について接触段階と回転刺激接触段階中にSD法によ

表1 試料の物性値

試料略号			H2	H1	N	S1	S2
引っ張り特性	LT	ND	0.660	0.631	0.617	0.571	0.598
	WT	gf*cm/cm ²	12.2	12.2	11.3	12.4	11.6
	RT	%	29.3	27.6	27.1	25.7	28.2
	EM	%	7.41	7.72	7.33	8.68	7.82
曲げ特性	B	gf*cm ² /cm	0.187	0.124	0.079	0.066	0.066
	2HB	gf*cm/cm	0.248	0.178	0.128	0.143	0.101
せん断特性	G	gf/cm*deg	0.733	0.650	0.585	0.405	0.408
	2HG	gf/cm	2.45	2.38	2.38	1.13	1.15
	2HG5	gf/cm	3.70	3.34	3.06	1.40	1.40
圧縮特性	LC	ND	0.426	0.391	0.384	0.374	0.395
	WC	gf*cm/cm ²	1.75	1.61	1.73	1.64	1.65
	RC	%	33.5	32.2	30.8	31.4	31.8
厚さ	T	mm	3.31	3.22	3.31	3.31	3.19

てそれぞれ評価させた。接触中の刺激として更に計算問題を負荷した。あらかじめ、小学2年生程度の算数の問題を作成し、各試料布を被験者の腕に接触させたまま回転させた状態で、2分間計算問題を負荷し、安静時との正答率に差がみられるかどうかを確認した。

1. 3 生体情報の測定

自律神経の活動をみるための生体情報として、心拍RR間隔と指先血流量を測定した。自律神経の活動状況を判断するための指標としては、一般に心拍RR間隔が知られている⁸⁾。心拍RR間隔は、時計型心拍モニター (POLAR社 Polar Vantage NV) を用いて測定し、データコレクタ (POLAR社 Polar Advantage Interface) を経由してコンピュータにリアルタイムで取り込んだ。また、指先皮膚血流量の測定のためにレーザードップラー血流計 ((株) アドバンス ALF-21) を用いた。測定部位は前報⁹⁾と同様に左手人差し指内側の先端と第一関節の間とした。測定頻度は5Hz、血流計の時定数は0.1secとし、カード型データロガー ((株) キーエンス NR-110) を経由してコンピュータに取り込んだ。

1. 4 実験方法

一定温湿度に保った室内に被験者を入室させ、30分以上経過した後、測定を開始した。心拍RR間隔と指先血流量の測定を開始し、5分経過

後に接触刺激負荷装置に被験者の腕を入れ、試料布と腕との接触部の感覚について1分間でアンケートに記入させた後、刺激装置の回転を開始した。装置の回転を開始した直後に回転接触刺激を負荷しながら、2分間小学校2年生程度の計算問題を解かせた。計算終了後、1分間被験者には回転接触刺激だけを与え、その後回転を持続させながら刺激時の接触感覚に関するアンケートに記述させた。第1回目の試料には、水処理試料を用い、これを被験者の腕に接触・回転させ、この試料を基準布として、今後のアンケートに回答するように指導した。1つの試料に対し、接触・アンケート1分、回転計算問題負荷2分、回転のみ1分、回転アンケート1分の5分間の接触刺激を負荷し、試料を取り去って5分経過後、次の試料を接触させた。試料の提示順序は、第1回目のみ基準布であることを告知したが、その後は試料に関する情報は与えずにランダムに接触刺激を与えた。このような5分間の刺激—5分間の安静を1セットとして、基準布を含む計6種類の試料による接触刺激を与え、アンケートに記述させた。

接触刺激負荷装置と実験の概要は図2の通りである。回転速度は、12.5cm/secに設定し、4秒ごとに右回り・左回りのように回転方向を変化させた。図中の回転装置のB部位に被験者の左腕外

	非常に	普通に	やや	どちらでもない	やや	普通に	非常に	
厚	い						薄	い
湿っている								乾いている
粗	い						滑	らか
まとわりつく								まとわりつかない
すべらない								すべ
硬	い						柔	らかい
張りがある								しなやか
冷たい								温かい
チクチクする								チクチクしない
ごわごわする								ふわふわする
不快である								快適である

図1 アンケート用紙

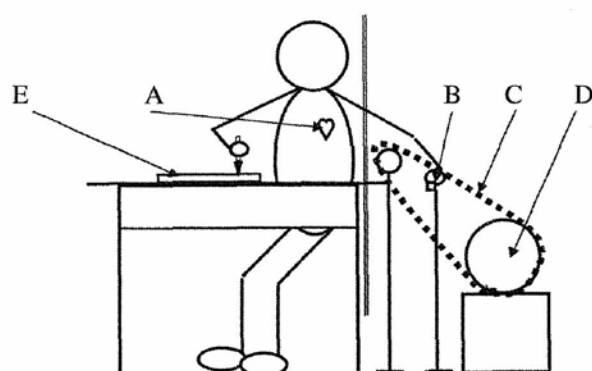


図2 実験装置と測定方法

A: 心拍計 B: 血流計センサ C: 試料布
D: 回転モータ E: アンケート・計算用紙

側が接触するように固定した。接触面積はほぼ幅18cm×2cmとなるように調整した。

試料の接触による感覚を測定する際に、視覚の影響は大きい。李らは、布のテクスチャーを評価する際には視覚情報は非常に重要であり、視覚情報がある場合には布の色よりも表面幾何学特性が重要となることを明らかにしている¹⁰⁾。そこで、被験者と被験者の手の間にカーテンを設置し、試料を視覚によって判断することがないように考慮した。

1. 5 データ解析方法

1. 5. 1 周波数解析の方法

測定した心拍RR間隔と指先血流量を周波数解析した。近年、生体情報を周波数解析するためにはFFT（高速フーリエ変換）よりもMEM（最大エントロピー法）を使用してピーク値を算出する場合が多い。MEMを用いて周波数解析をした場合の特徴は、スペクトル分解能が非常に高く、信号周期に対してデータ長が短い場合でもスペクトルの推定ができ、雑音の影響を受けにくい。計算時間が長く、自己回帰モデルの次数決定が難しいという問題点を持つとされている¹¹⁾。今回は周波数解析を行う周期が最大で5分と短いため、FFTを用いた場合であってもMEMとほぼ同様のピークが得られると考え、簡便に解析するためFFTを用いて周波数解析を行った。心拍RR間隔および指先血流量の測定値をフーリエ変換し、ここで得られる周波数成分の絶対値を算出して振幅スペクトルを求め、次にこの値を二乗してパワースペクトルを求めた。また、心拍RR間隔は心拍のR波とR波の間隔であるため、測定値は秒である。これをFFT解析した場合の周波数の単位は1心拍あたりの頻度となるため、各測定区間の心拍RR間隔の平均値を用いて周波数(1/Hz=Sec)に補正し、これを補正時刻として用いた¹²⁾。

1. 5. 2 自律神経の活性度による解析

心拍変動は、もっぱら自律神経のゆらぎによって左右され、自律神経による調節活動の反映である。自律神経は交感神経と副交感神経に分けられることができるが、交感神経が活性状態であれば緊張状態が高く、副交感神経が活性状態であれば、リラックスした状態であるとされている。緊張した状態であれば、交感神経が優位となり、RR間隔は揃ってくる。しかし、リラックスした状態であれば、副交感神経が交感神経よりも優位に立ち、RR間隔がばらついた状態となる。

0.30Hz付近の高周波成分は呼吸を介する迷走神経反射の影響を受け、副交感神経活動の活性を示すとされ、0.15Hz以上を高周波数成分(HF)、0.05Hz～0.15Hzを低周波数成分(LF)としてとらえ、0.05Hz以下は誤差成分とする方法が知られている⁸⁾。

そこで、低周波数成分(LH)である0.05Hz～0.15Hz(20sec～6.7sec)のパワースペクトルと高周波数成分(HF)である(6.7sec未満)のパワースペクトルを各々合計し、LFを交感神経(緊張の指標)、HFを副交感神経(リラックス)の活動レベルの指標として、この比(LF/HF)を求めて自律神経の情報として用いた。

一方、指先血流量は交感神経の一元支配を受けるとされており、皮膚血流変動は1Hz前後の心拍に同期する波と0.1Hz前後の交感神経活動の持続的活動を示す波、0.04Hz前後の突発的な交感神経活動を示す波の3成分からなるとされている⁸⁾。つまり、緊張状態であれば0.1Hzあるいは0.04Hz前後にある程度のピークが見られることになるため、この0.09Hz～0.11Hz(9～11sec)のパワースペクトルの合計を持続的緊張度S10と定義し、0.038Hz～0.042Hz(24～26sec)のパワースペクトルを突発的緊張度S25と定義し、S25/S10を算出し、緊張の指標として用いた。

2. 結果・考察

2. 1 計算結果

各試料刺激時に負荷した計算問題の解答数、正答数および解答率、正答率を算出し、T検定によって有意差検定を行った。これらの計算結果では、加工の有無や濃度による差は有意水準5%以上では見られなかった。各個人で試料ごとに計算結果の比較をした場合には、糊付2倍濃度で接触回転刺激を与えた場合の解答数がやや多い被験者が数名みられた。

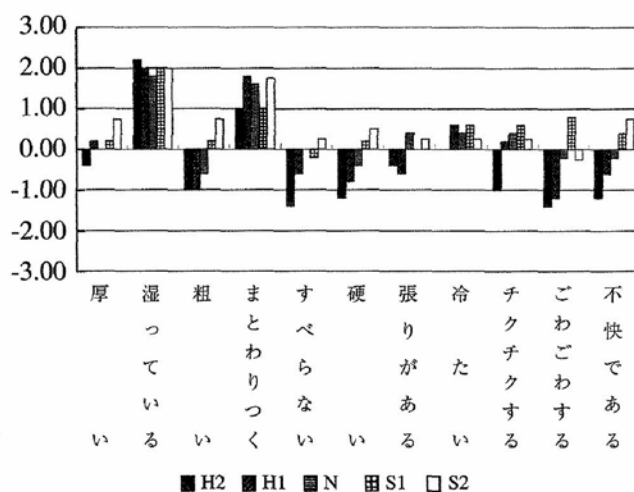


図3 試料感覚官能値

2. 2 感覚官能値

試料を回転させた状態で、各用語を評価した感覚官能値を図3に示す。図は5人の被験者の平均値であるが、各個人でもほぼ同様の傾向を示した。

図3の縦軸はSD法による評価値であるが、+方向はポジティブなイメージ、-方向はネガティブなイメージである。各項目ごとに比較すると、硬さやふわふわ感などで処理の方法による違いが見られた。糊付けした試料は硬く、ごわごわしており、不快であること、柔軟剤で処理した試料は柔らかく、快適に感じられることがわかった。硬さ、快適性の3項目では有意水準5%で有意差があり、糊付けしたH2よりもS1・S2がやわらかく、快適であることが明らかになった。この傾向は回転させずに接触させた状態でも同様であった。

井上らは、布に柔軟仕上げ処理を行った場合、基本力学特性・表面特性からは繊維間摩擦を減少させるため、柔軟効果を付与され、冬季着用時の快適感を高める傾向にあると推測できるが、熱・水分移動特性からは疎水性をまねき、夏季着用時には快適感が低下すると推測している¹³⁾。

我々の測定環境は32℃であり、夏季の着用状況に近いが、柔軟仕上げは糊付け処理よりも快適と感じられる傾向を示した。この差は、発汗の

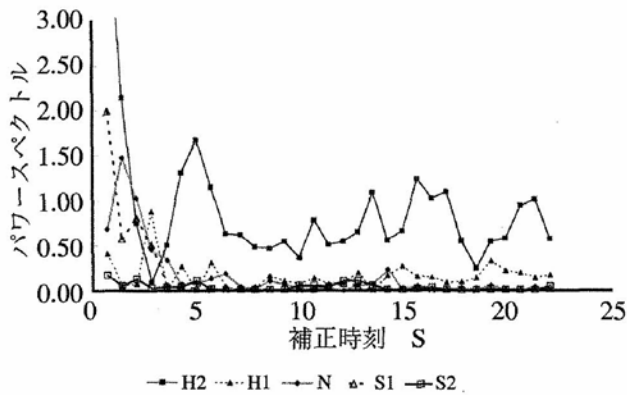


図4 心拍RR間隔パワースペクトル

有無によって生じたと推測できる。実験室入室時および測定終了後に被験者に対して全身の暖かさ、発汗の有無について調査したが、やや暖かいが発汗はないと評価された。測定環境が高温高湿環境であり、被験者が発汗し続けるような環境であった場合には必ずしも同様の傾向を示すとは限らないと思われる。

2. 3 パワースペクトル

心拍RR間隔と指先血流量のパワースペクトルを算出した。1種類の試料に対して被験者に接触あるいは回転接触刺激を与えた5分間をA:回転刺激を負荷しない接触のみの状態でアンケートに回答させた1分間、B:回転刺激と計算問題を負荷した2分間、C:回転刺激のみの状態の1分間、D:回転刺激を負荷した状態でアンケート回答させた1分間の4段階に分割し、計算の高速化のために心拍RR間隔ではデータ個数をA・C・Dでは64個、Bでは128個に、また指先血流量ではA・C・Dを256個、Bを512個に揃えた。

図4に回転刺激を与えた状態での心拍RR間隔パワースペクトルを各試料間で比較した結果を示す。

パワースペクトルは $n/2$ で対称形となる。そこで、低周波数成分をカットし、また、直流成分である補正時刻0秒をカットした。図中の補正時刻6.7secから20secまでが低周波数成分LFであるが、この範囲内ではH2のパワー値が大きく、

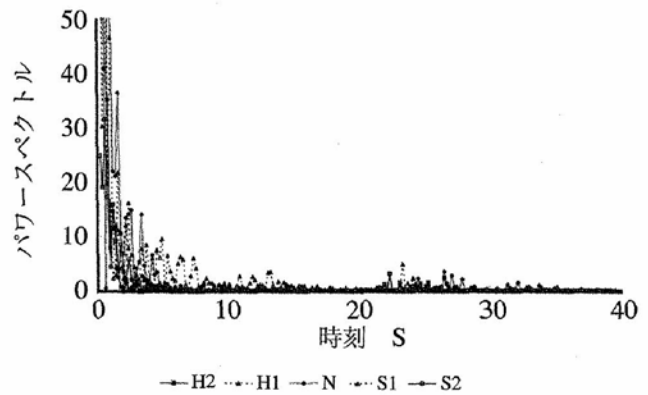


図5 指先血流量パワースペクトル

H1, N, S1, S2の順に小さくなっていることが明らかになった。このLFは交感神経の活動度を示し、このLFのパワー値が大きければ緊張状態にある。つまり、標準濃度の2倍で糊付けを行った試料を用いて回転接触刺激を与えた場合には緊張度が高いことが確認できた。心拍RR間隔と指先血流量の両方が測定できた5名中3名の被験者に対してこの回転接触刺激時のLFパワー値の大小を比較するとすべての被験者でH2のパワー値が高い傾向が認められた。アンケート回答時には試料間の差は認められなかった。

図5に回転接触刺激と計算を負荷した状況下での指先血流量のパワースペクトルを示す。この図からは試料間の差は特に認められないが、回転接触刺激と計算負荷時に突発的な緊張の指標である25sec近辺に小さなピークが認められた。この25sec近辺のピークは、アンケート回答時や接触回転刺激時には図からは特に確認できなかった。

2. 4 自律神経の活動度による評価

心拍RR間隔を高周波数成分であるHFと低周波数成分LF、およびその比LF/HFを各々算出し、被験者ごとにまとめた。ある被験者の心拍RR間隔の低周波数成分LFを用いて試料ごとに比較した図を図6に示す。縦軸は補正時刻6.7sec～20secのパワースペクトルを加算したものであり、この値が大きければ緊張度が高いことを示すが

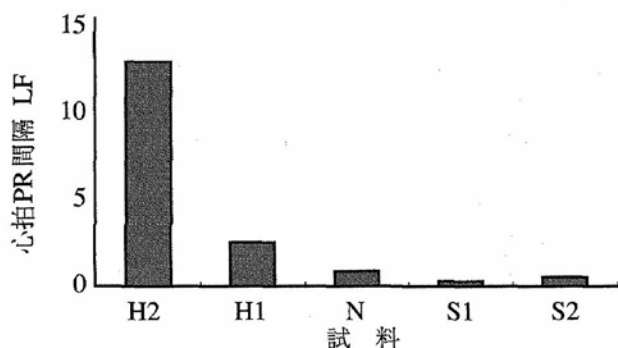


図6 回転接触刺激時LFの試料間の差

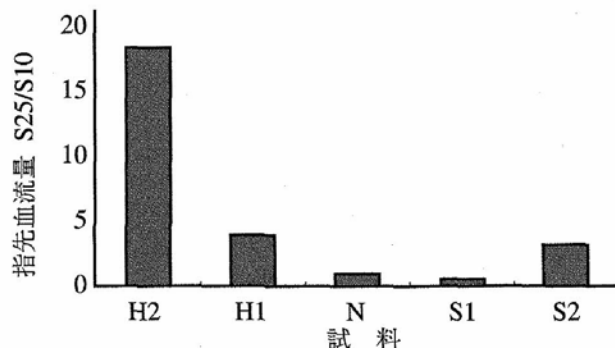


図7 回転接触刺激+計算負荷時S25/S10の試料間の差

図からは、糊付2倍濃度H2、糊付標準濃度H1を回転接触刺激として用いた場合に緊張度が高いことが明らかになった。他の被験者も同様にH2の緊張度が高い傾向を示した。柔軟剤標準濃度で処理したS1がもっとも緊張度が低く、その差はわずかではあるが、柔軟剤2倍濃度で処理したS2よりも緊張度が低いという傾向を示した。これは、柔軟剤2倍濃度で処理することにより、試料に張りがなくなり、肌にまとわりつきやすくなったために起こったと推測できる。

指先血流量の周波数解析から10sec近辺の持続的な緊張度S10、25sec近辺の突発的な緊張度S25、S25/S10を算出した。回転接触刺激と計算を負荷した時のS25/S10を試料間で比較したものを図7に示す。糊付2倍濃度で処理したH2が高く、柔軟剤標準濃度で処理したS1がもっとも低い値を示した。このことは、糊付2倍濃度で処理したH2を回転接触刺激として与えた状態で計算を行った場合に突発的な緊張が頻繁に走ることを意味している。H2による刺激時の解答数が他の試料刺激時よりもやや多い傾向が見られたことから考えれば、このような緊張が、例えば試験などの緊張を必要とされる状況下において効果的であるとも考えることもできるが、この突発的な緊張感が高いことをどのように評価するかについては、今後検討が必要であろう。

以上のように積極的快適感誘発衣服開発のための基礎研究として、その評価の方法を検討した。

日常的に行われる柔軟仕上げ・糊付けといった加工によって衣服素材の物性が変化するが、その変化がヒトに及ぼす影響を心拍RR間隔と指先血流量と感覚官能値によって測定した。その結果、糊付した試料の不快感が大きく、緊張度が高いことが明らかになった。堀場らは毛布・綿布・紙やすりの3種類を触った場合に事象関連電位P300の振幅が変化し、毛布で低く、紙やすりで増大することを明らかにしており、我々の報告と同様の傾向を示している¹⁴⁾。

このように平尾⁶⁾や堀場¹⁴⁾ら、また風合いといった従来の評価方法は、衣服素材を積極的に手で触るといったいわゆるアクティブタッチで行われてきた。しかし、実際の系を考えると、いわゆるアクティブタッチと呼ばれる衣服着用時のような自発的に被服と接触する場合もあるが、着用後の自発的ではない状況下で衣服と人体とが接触し、無意識のうちに接触刺激が起こっている状況も多い。受動的な接触状況下においても肌触りの差が知覚され、緊張感に差が生じることが今回のように心拍RR間隔と指先血流量とから明らかになったことは重要である。このように簡便で生体への負荷も低く安全な方法を用いて生体情報が評価できるとすれば、その方法は幼児や高齢者にも適用でき、応用範囲は広く、有用である。

謝 辞

本研究に対して研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深謝致します。試料の物性値測定に際し、測定装置を快く貸与していただきました神奈川県総合技術産業研究所の尾上正行様に深謝致します。また、本実験の測定にご協力いただいた兵庫教育大学4年生山内智尋様、および被験者諸姉に深謝致します。

文 献

- 1) 「愛のなりたち」, 浜田寿美男訳, ミネルヴァ書房, pp46-54 (1978)
- 2) Tactile/Kinesthetic Stimulation Effects on Preterm Neonates, Tiffany M. Field, et.al, *PEDIATRICS*, 77 (5), 654-658 (1986)
- 3) Positive Effects of Tactile Versus Kinesthetic or Vestibular Stimulation on Neuroendocrine and ODC Activity in Maternally-Deprived Rat pups, John Pau, et.al, *Life Sciences*, 39 (22), 2081-2087 (1986)
- 4) 情動およびタッチングによる“こちよさ”の味覚閾値への影響, 川出富貴子・草川好子, 生理人類学誌, 4 (2), 87-94 (1999)
- 5) 肌着の科学, 小澤七洋・御手洗幸子, 織機誌 (繊維工学), 51 (7), P401-P405 (1998)
- 6) 生理反応を用いた布地の風合い評価法の検討 — アクティブ・タッチ時の筋電図を用いて —, 平尾直靖・八木昭宏, 織消誌, 38, 228-233 (1996)
- 7) 例えば, 「被服の資源と被服材料」, 日本家政学会編, pp56-84 (1989)
- 8) 「生体時系列データ解析の新展開」北海道大学図書刊行会, pp613-631 (1996)
- 9) 衣服着用時の湿度感覚評価方法の解明, 潮田ひとみ, デサントスポーツ科学, 18, 36-43 (1997)
- 10) テクスチャー知覚に関する研究 — 布を例として —, 李沅貞・佐藤昌子, 生理人類学誌, 3, 155-162 (1998)
- 11) 「科学計測のための波形データ処理」, 南茂夫編著, CQ出版社 pp.179-180 (1986)
- 12) 「生体のゆらぎとリズム — コンピュータ解析入門」, 和田孝雄著, 講談社, pp151-162 (1997)
- 13) 柔軟処理による布の風合いならびに熱・水分移動特性の変化と着用快適感, 井上真理・佐野優子・宇山美帆・丹羽雅子, 織学誌, 53, 226-238 (1997)
- 14) 事象関連電位を用いた肌触りの評価, 堀場洋輔・上條正義・細谷 聡・高寺政行・清水義雄・佐渡山亜兵, 織学誌, 56 (1), 87-94 (2000)