

平成21年5月8日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006 ～ 2008

課題番号：18300074

研究課題名(和文) 感性計測による着衣ストレス計測手法の開発に関する研究

研究課題名(英文) Development of clothing comfort evaluation method by measurement of physiological, psychological responses

研究代表者

上條 正義 (Kamijo Masayoshi)

信州大学・大学院総合工学系研究科・准教授

研究者番号：70224665

研究成果の概要：

皮膚表面温度、皮膚近傍温度、湿度と生理反応、心理反応の結果から、健康学的な温熱快適状態を示す数式を作った。温熱的に不快もしくは快適と思う温湿度条件と生理反応における評価条件にずれがあることを確認した。皮膚近傍の温湿度で温熱快適条件を求めた本研究の結果は、従来の室内環境で評価された温熱快適条件と異なった。客観的な手触り肌触り評価方法がなかったムートンの風合い評価を行える評価方法を作製した。ムートン独特な触感覚である毛込み感、毛さばき感が評価できるようになった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,700,000	2,310,000	10,010,000
2007年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4500,000	19,500,000

研究分野：感性工学

科研費の分科・細目：情報学・(感性情報学・ソフトコンピューティング)

キーワード：感性計測評価, 感性生理, 感覚評価, 着心地, 手触り, 肌触り, 快適感, ストレス

1. 研究開始当初の背景

着心地は、着衣によって人間が受けるストレスを計測することによって評価できる。

着心地に影響を与える要因としては、3つの要因：衣服が人体を押し圧迫特性、衣服と人体間の微小空間の気候特性、衣服材料と皮膚との摩擦などの肌触り接触特性などがあると考えられている。これらの要因に起因する様々な物理現象が人体への刺激となり、それらがストレスの要因となっている。各刺激とストレスとの関係を明らかにすることが、着心地評価のキーファクターとなる。着衣スト

レスに関連した基本的な刺激としては、温熱、蒸れ、圧迫、痛みなどが上げられ、これらが人の心身にどのような影響を与えるかを生理反応および心理反応を計測して刺激との対応関係を調査する研究が必要である。ストレスの定義はあいまいであり、その評価方法も明確ではない。我々は、これまでに、圧迫、温熱、湿度、表面粗さなどの刺激が身体に与える影響を脳活動の測定や心拍変動の計測から評価してきた。しかしながら、これらの方法も、ストレスを十分に評価するに至っていない。ストレス評価を行うためには、人体

から得られるあらゆる身体反応を計測して、身体内部での現象を詳細にとらえることが必要である。多くの生理指標の総合によって、ストレスを詳細に評価できる指標が作成できると考えられる。これまでストレス指標として、多くの生理指標が提案されてきたが、ある刺激における各生理指標の相互関係を総合的に研究した報告はほとんどなく、各刺激における生理反応のメカニズムについて検討した報告もほとんどない。ストレスを評価するために用いられている生理指標として、「心拍変動」、「発汗」、「末梢血流」、「脈波」、「血圧」、「呼吸変動」、「アミラーゼ活性」、「脳活動」があげられるが、これらのほとんどは、自律神経の支配を受けているものであり、交感神経、副交感神経の活動がストレスを評価する主要な生理活動であることが知られている。交感神経活動が活発であれば、ストレス状態であり、副交感神経活動が優位であれば、ストレス抑制状態であるとしてストレスを評価しているのが、一般的な方法である。しかしながら、呈示される刺激によって、上記の生理指標の内変化するものとしないうものがあつたり、明きからに不快なストレス状態であっても、副交感神経が優位に活動するストレス状態が存在することをこれまでの我々の研究で確認している。刺激に応じて、変化する生理指標が異なることが考えられる。着衣ストレスは、意識がないまま、人体に与えられるものであり、肩痛、腰痛、消化不良、決行障害などの健康を害する状態に人体をさらす危険性がある。個人の体格、体質に合致した被服を着衣するための評価方法が健康維持、増進、予防医療の観点からも必要である。

2. 研究の目的

本研究では、着衣によってある種類の刺激が呈示されたときに、ストレスの生理指標である「心拍変動」、「発汗」、「末梢血流」、「脈波」、「血圧」、「呼吸変動」、「アミラーゼ活性」、「脳活動」および「動作」について、どの生理指標が刺激に対応して変化するか測定し、刺激の種類と生理指標および生理指標間の関係性を明らかにする。刺激としては、着衣において発生することが顕著な、「圧迫」、「温熱」、「蒸れ」、「肌触り（痛み）」に着目し、これらの刺激に伴う生理反応として、「心拍変動」、「発汗」、「末梢血流」、「脈波」、「血圧」、「呼吸変動」、「アミラーゼ活性」、「脳活動」を測定して、4種類の刺激がどのような生理反応とよく対応しているのかを調査する。さらに、心理反応として、「NASA-TLX」によるストレスの自覚症状も測定して、刺激に対応する生理指標と統合した新しいストレス評価指標を作成する。

3. 研究の方法

本課題の実施項目は、以下の3つに大別される。(1) 温熱ストレスが心身に与える影響の調査と評価指標の検討

(2) 手触り・肌触り評価方法の検討

(3) タオル生地 of 風合い低下が心身反応に与える影響の調査。

(1) の温熱ストレスについては、暑熱気候と寒冷気候の2条件で研究した。

実施項目毎に研究方法を以下に説明する。

(1) 温熱ストレス評価

ストレスを温熱変化として、暑熱気候および寒冷気候に暴露された場合の生理反応と心理反応を測定し、温熱ストレス評価指標について検討した。

(1-1) 暑熱気候の場合

【実験設定】

表1の環境下で実験を行った。1段階30分とし、0~20分を順応時間とした。20~25分は心電図と血流量を着座安静状態で測定した。測定は、生体情報計測装置(MP150w:BIOPAC社製)を用いて、サンプリング周波数100Hzでコンピュータにデータを記録した。25~30分で官能評価を行った。温湿度センサを胸・背・脚部の体表面から2cmの位置に設置し、体付近の温湿度を測定した。温湿度データはサンプリング周波数:1/20Hzで温湿度測定装置(TRH7X・第一科学社製)に記録した。皮膚表面温度はHardy/Duboisの7点法を採用して計測した(サンプリング:1/60Hz)。体付近の温湿度と皮膚表面温度は継続的に計測した。

表1 実験環境設定

環境の方向	一定値	快	不快	段階数	(°C or % / step)
A: 快→不快	30%RH	28°C	40°C	7	±2°C
	50%RH	26°C	36°C	6	
B: 不快→快	80%RH	24°C	30°C	4	
C: 快→不快	28°C	30%RH	80%RH	6	±10%RH
	32°C	30%RH	80%RH	6	
D: 不快→快	36°C	30%RH	80%RH	6	

【被験者】

被験者は健康な男子大学生16名(年齢22.0±1.2歳)であった。実験開始2時間前までに飲食を済まし、20分前にショートパンツを着用して入室し、安静座位とした。体温の概日リズムを考慮し、また、同一の被験者が往復の環境設定となるように2日間で同じ時間帯で実験した。1つの実験条件につき、6名の被験者に対して実験を行った。

(1-2) 寒冷気候の場合

【実験設定】

実験は、恒温恒湿室で行なった。室内温度は24[°C]を温熱的中立状態として設定し、以

下4[°C]毎下降させた。湿度は3条件ともに、絶対湿度を9[g/m³]一定とした(表2参照)。皮膚表面温度、心電図、末梢血流量、唾液アミラーゼを計測した。皮膚表面温度の測定にはサーミスタ型温度センサを利用し、Hardy/Duboisの7点法を用いて平均皮膚温を算出した。心電図は胸部誘導法を用いた。末梢血流量は、レーザードップラー血流計を用いて、右手第2指尖で測定した。唾液アミラーゼは、 α -アミラーゼ活性をアミラーゼセンサ(α AMY:ヤマハ発動機製)により測定した。心電図、末梢血流量のサンプリング周波数は200[Hz]、皮膚表面温度、身体付近温湿度は1/60[Hz]とした。SD法を用いて、温湿度環境に対する主観評価を行なった。評価項目は、快適感、だるさ感、眠気感、さわやか感、涼しさ感、寒さ感、力み感の7項目を7段階で評価した。室内温湿度の設定値と実際の室内温湿度を比較するために、被験者の右斜め後方1m、高さ75cmの位置に温湿度センサを設置し、室内温湿度の実測値とした。身体付近の温湿度を被験者の体表面から2cmの位置に装着した3つの温湿度センサ(胸部、背部、脛部)で測定した。

表2 実験環境設定(寒冷)

	温度[°C]	絶対湿度[g/m ³]	相対湿度[%]
前室	26	-	-
Ex1	24	9	41
Ex2	20	9	53
Ex3	16	9	66

【被験者】

被験者は前室に入室後、実験の準備と体重測定を行い、安静を保った。前室待機時間は30分とした。その後、恒温恒湿室に入室し、計測装置の取り付けを行った。入室から20分が経過したら実験を開始し、生理計測と官能検査を15分後に行った。被験者の着衣は上半身裸、下半身はハーフパンツとし、実験中は座位安静を保った。被験者は健康な男子大学生4名であった。

(2) 手触り・肌触り評価方法の検討

手触り感を定量的に評価するための装置として、3次元力覚センサを用いたシステムを開発中であり、本年度は、ムートンを題材にして、手触り感を評価する方法について検討した。

図1に示すように一列に配列されたセンサを直交軸のロボットマニピュレータに搭載し、触診動作をさせたときのセンサに加わる力を測定できるシステムを作成した。ここでは、毛表面から深さ15mmまで押し込み、円動作(直径5mm)をさせた。試料は毛の性質の異なる5種類:(毛の密度が疎、密と太さが細、中、太)のムートン(羊の毛皮)とした。男女大学生20名を被験者として、官能検査を行った。この結果をムートンの風合い特性

の基準として、本測定装置から得られる出力との対応関係を解析した。

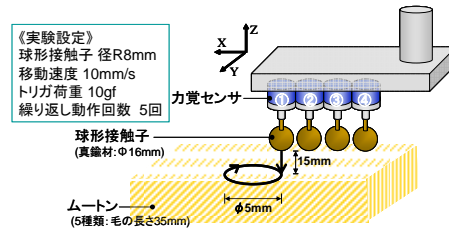


図1 測定装置図

(3) タオルの風合い評価

実験に用いた布はポリエステルで構成されている編組織に、起毛長2.7mmの綿糸によるペロア起毛部が植えつけられている。柔軟剤を処理した布を洗濯回数0回とし、その後1回、10回、30回洗濯したものを試料とした。無処理布も同じ洗濯を行った。用いた柔軟剤の情報は表3に示す。

表3 柔軟剤仕様

柔軟剤名	成分	濃度
市販の柔軟剤	柔軟付与剤, 界面活性剤(非イオン系), 植物抽出物(アロエ), 安定剤	0.05% SOL
アミノ酸系柔軟剤	アミノ酸誘導体, 塩化ジエチルジメチルアンモニウム塩, イソプロピルアルコール, エチレングリコール	0.5% SOL

表4 実験内容

区分	実験内容			備考
生理反応計測	安静状態	120秒	心電図 呼吸 唾液	唾液は試料提示前後採取
	試料提示	120秒		
肌触り評価	粗い かたい い 不快 冷たい 肌なじみが悪い 癒され感がない	— — — — — — —	細かい 柔らかい 快 温かい 良い ある	試料提示後施行-3~+3の7段階のSD法による官能検査
材料特性	通気性 含水率 吸水性	JIS L 1018 JIS L 1018 JIS L 1097		
	圧縮特性 表面特性 接触冷温感	KES-FB3 KES-FB4 KES-FB7		

風合いの比較評価のために、心身反応測定、材料特性計測を行った。実験環境は、室内温度 20°C、湿度 60%RH とした。心身反応測定の被験者は男性 10 名、女性 10 名であった。実験の詳細を表 4 に示す。

4. 研究成果

(1) 温熱ストレス評価

(1-1) 暑熱気候の場合

身体付近の温度と平均皮膚温 T_{sk} の結果では、 T_{sk} は身体付近の温度が暑熱域の場合 36.6°C に収束し、身体付近の温度が快適域の場合 32.4°C に収束した。また、 T_{sk} と身体付近の温度状態の相関は高く、絶対湿度との相関は低かった。快適感とは温度と絶対湿度の双方と強い相関が見られた。

T_{sk} が 36.6°C となるであろう予測湿度を、計測値より算出した。同様に T_{sk} が 32.4±0.1°C となる予測湿度と、官能検査の快適感の結果が最上位の +3 と最下位の -3 となる予測湿度を算出し、それぞれの近似式を求めた。これらの近似式が生体反応から求めた生理的な 2 つの閾値と、官能検査から求めた心理的な 2 つの閾値となる。それぞれ 2 つの近似式間の推移を求め、湿度を変数とする生理的温熱指数 x_s と心理的温熱指数 x_c の算出式を求めた。

$$x_s = \frac{10.4 T_b + H_b - 206}{0.0278 T_b + 5.07}$$

$$x_c = \frac{H_b + 22.4 T_b^2 - 1.42 T_b \times 10^3 + 2.29 \times 10^4}{0.531 T_b^2 - 34.0 T_b + 546}$$

生理的な温熱状態と心理的な温熱状態が、人間の温熱快適性に等しく影響を与えるとして、生理的温熱指数 x_s と心理的温熱指数 x_c を平均し、最大値を 100、最小値を 0 となるように数値を合わせ、温熱快適性評価指数 X とした。その領域を図 1 に示し、温熱快適性評価指数を以下に定義する。

$$\text{Thermal_Comfort_Index} = (\bar{X} - 29.2)8.61$$

$$\bar{X} = (w_1 x_s + w_2 x_c) / 2$$

ここでは、 $w_1 = w_2 = 1$ である。

提案した快適指数に用いることができた生理指標は平均皮膚表面温度であった。交感神経活動割合からの算出も試みたが、研究の特性上実験時間が長くなってしまったため、期待したようなデータが得られなかった。しかしながら、他の生理指標を用いることによって、さらに正確に温熱快適性を表す指数の開発が可能と思われる。今後の研究によって様々な生理指標から人体のストレスを定量的に評価することができる快適指数の作成

が期待される。

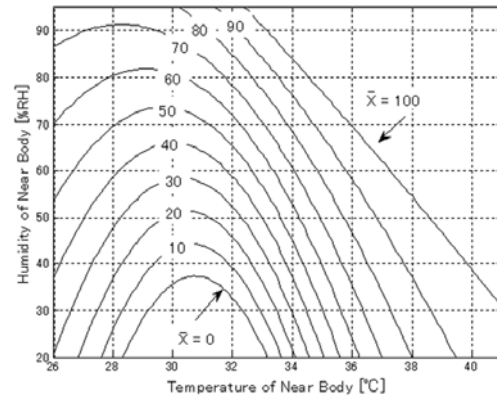


図 2 温熱快適性評価指数領域

(1-2) 寒冷気候の場合

寒冷環境における生理的ストレス指標として、平均皮膚温、瞬時心拍数、副交感神経活動、末梢血流量、 α -アミラーゼ活性が評価指標として有用であることが確認された。

官能検査の結果から、全ての評価項目で設定条件に伴った反応が見られた。その中でも快適感、寒さ感、力み感は、Ex1~Ex3 の各設定条件間で有意に差があった。寒さ感の評価では、Ex1 で評価得点が 0 に近く、暑くも寒くもない温熱的に中立であった。Ex2 では、不快である、寒い、力んでいるという評価になった。官能検査から、被験者は設定した環境条件での温度差を十分に知覚したと言える。

生理計測の結果からは、平均皮膚温、瞬時心拍数、副交感神経活動指標、平均末梢血流量、 α -アミラーゼ活性に設定条件間で変化が見られた。平均皮膚温、平均末梢血流量、瞬時心拍数は、環境温の低下に伴って低下した。副交感神経活動指標、 α -アミラーゼ活性は環境温の低下に伴って上昇した。

副交感神経活動指標の上昇と瞬時心拍数の低下から環境温の低下が交感神経活動を抑制させたと考えられる。逆に、平均末梢血流量、平均皮膚温の低下と α -アミラーゼ活性の上昇は環境温の低下が交感神経活動を亢進させたと考えられる。

寒冷負荷が身体に与えるストレスを計測することによって、未然に防ぐための安全対策指標としての利用、空調機に取り付けられた体感計測センサが在室者の個人差を考慮して空調を制御するようなシステムへの応用が考えられる。さらに、衣服内の快適性と合わせることで防寒服などへの応用も考えられ人間が快適に暮らすための評価技術として有用である。

(2) 手触り・肌触り評価方法の検討

ムートンのような毛皮の風合いを評価する測定装置はなく、弾力感の評価システムと

しての検証実験を行い、押しつけ方向の力とそれとは直行する方向の力を変数とする関数によって弾力感が評価できることを確認した。本計測システムが毛皮の風合い評価に有用であることが検証された。

円動作におけるX軸方向の荷重の経時変化を示す。この出力波形から振幅、周波数、位相を求め、正弦波として整形し、荷重の振幅及びセンサ間の波形の位相差を導出した。毛の密度が高いと大きな荷重がかかるため、波形の振幅は高くなった。密度の小さいムートンほど4つの力覚センサ出力に位相差が大きくなる傾向があった。この位相差は毛さばき感や高級感との間に相関がみられた。実験で得られた物理特性と毛さばき感との重回帰分析を行った。各回帰係数の項目は5%の危険率で有意差が得られ、下記重回帰モデルを得た。

“毛さばき感” = $8.76 \times \text{RMS}(\text{方向余弦}) - 0.28 \times \text{位相差}(X \text{ 軸}) + 3.32 \times \text{パルス幅}(\text{方向余弦})$

これまで測れなかったムートンの毛さばき感を評価する計測評価方法として力覚センサをアレイ式に配列した本装置の有用性が確認された。

(3) 洗濯によるタオル地の風合いの悪化や柔軟剤による悪化の軽減などを人の心理生理反応を測定することによって評価することを試みた。結果として下記の知見が得られた。洗濯回数を重ねることによって生じるタオル地の風合いの低下を材料特性及び人体に触れた際の心身反応を測定し、材料特性と心身反応の特性から布地が心身にどのような影響を与えるのかを評価した。そして、タオル地の風合い評価の規範設定の可能性について検討する。洗濯 10 回以上から風合いが低下し、ストレス反応を示した。柔軟剤処理によって、風合い低下、ストレス度が軽減されることが確認された。

通気性、接触冷温特性(q-max)、圧縮特性はほぼ同じ結果となった。吸水性と30回洗濯時の市販品の含水率がアミノ酸系柔軟剤より高かった。表面特性実験で、市販の柔軟剤の方がアミノ酸系柔軟剤より多少高い結果となり、アミノ酸系柔軟剤より粗い傾向となった。図3に肌触り評価(かたいー柔らかい)の結果を示す。

官能検査結果と物理計測結果から、アミノ酸系柔軟剤は、ざらざら感を軽減させることが確認できた。この効果により、被験者に快適感を与え、心理的評価を高める傾向がある。以上のことから、アミノ酸系柔軟剤は、洗濯による布の風合いの低下を軽減させる効果は市販の柔軟剤と大同小異であることが判

った。但し、表面特性結果と肌触り結果が多少優位である反面、吸水性が劣っている特性があることから、タオル生地としては、吸水性の向上が課題となった。

経験的に感じていた肌触りの悪さ、その身体への影響を生理反応を測定することによって、定量的に明示化された。この結果は、今後、人体と接触する製品を開発するための指針となると考えられる。

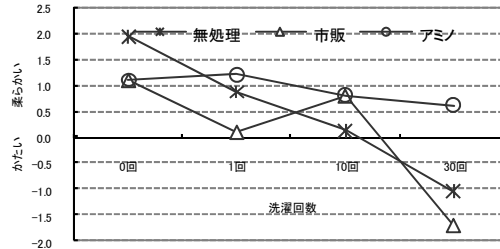


図3 肌触り評価 (かさいー柔らかい)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- (1) Won Young JEONG, Jung Woo PARK, Masayoshi KAMIJO, Yoshio SHIMIZU, Seung Kook AN, Characteristics of Artificial Leather for Footwear –Heart and Moisture Transport Properties, Sen’I Gakkaishi, Vol.63, No.11, pp. 271-275, 2007

[学会発表] (計10件)

- (1) 小野陽祐, 上前知洋, 上條正義, 寒冷負荷が心身に与える影響, 第10回日本感性工学会大会, 2008年9月8日-10日, 大妻女子大学
- (2) 権義哲, 深見彩, 上條正義, 清水義雄, アミノ酸系柔軟加工剤で処理したタオル地の風合い評価; 心身反応測定を用いた比較検証第10回日本感性工学会大会 2008年9月8日-10日, 大妻女子大学
- (3) 上條正義, 菅原徹, 堀場洋輔, 吉田宏昭, 高寺政行, 清水義雄, 3次元力覚センサによる風合い計測に関する検討, 日本感性工学会第4回春季大会, 2008年3月7日-8日, 宮城大学
- (4) Euichul KWON, Masayoshi KAMIJO, Yoshio SHIMIZU, Hideki KIHARA,

Influence of deterioration of fabric hand of towel cloth by wash on physiological and psychological response, International Conference of Kansei Engineering nad Emotional Research 2007, 2007/10/10, 札幌市立大学

研究者番号：20150675

堀場 洋輔(Horiba Yosuke)
信州大学・繊維学部・助教
研究者番号：00345761

(5) Euichul.KWON, Toru.SUGAHARA, Yosuke.HORIBA, Yoshio.SHIMIZU, Masayoshi.KAMIJO, Harumi.TAMAKI, Effect of Amino Acid Treatment on Fabric Hand of Towel Cloth, The 6th China International Silk Conference and The 2th International Textile Forum, 2007/9/13, 蘇州大学 (中国)

(3) 連携研究者
該当者なし

(6) Masayoshi.KAMIJO, Mayumi YOSHIDA, Tomohiro UEMAE, Toru SUGAHARA, YosukeHORIBA, Clothing Comfort Evaluation of Woman's Undergarment made of Silk Spun Yarn, The 6th China International Silk Conference and The 2th International Textile Forum, 2007/9/13, 蘇州大学 (中国)

(7) 権義哲, 上條正義, 清水義雄, 木原秀樹, 洗濯によるタオル地の風合い低下が人に与える影響に関する研究, 第9回日本感性工学会大会, 2007.8.1, 工学院大学

(8) 上條正義, 斎藤純, 菅原徹, 高寺政行, 佐渡山亜兵, 清水義雄, 風合い評価のための手触り計測システムに関する基礎研究, 繊維学会年次大会, 2007.6.20, タワーホール船堀

(9) 斎藤純, 上條正義, 高寺政行, 佐渡山亜兵, 清水義雄, 風合い評価のための手触り計測システムに関する基礎研究, 第8回日本感性工学会大会, 2006/9/13-15

(10) 斎藤純, 上條正義, 佐渡山亜兵, 清水義雄, 風合い評価のための手触り計測システムに関する基礎研究, ROBOMECH2006 講演概要集, 2006/5/26-28

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上條 正義(Kamijo Masayoshi)

信州大学・大学院総合工学系研究科・准教授

研究者番号：70224665

(2) 研究分担者

清水 義雄 (Shimizu Yoshio)

信州大学・繊維学部・教授