様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２７　年　　６　月　１８　日現在

機関番号：　１３６０１
研究種目：　基盤研究(C)
研究期間：　2012～2014
課題番号：　２４５００９２４

研究課題名（和文）下肢被服圧測定装置の開発とその応用

研究課題名（英文）Development for the measuring equipment of clothing pressure for supporting leg wear

研究代表者

三野　たまき（MITSUNO, Tamaki）

信州大学・学術研究院教育学系・教授

研究者番号：００１９２３６０

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　4,200,000円

研究成果の概要（和文）：　下肢着圧衣料の衣服圧を測定するための下肢被服圧測定装置を，20～30歳代の日本人女性の下半身マネキンを用いて自作した．また，衣服を着用した時の主観的評価に着目した，全身の圧範囲を明らかにした．その内の下肢に着目して圧迫した時の，着圧に対する自律神経系の諸機能の応答の変化から，客観的な圧ストレスの評価データを得た．これを前者と比較検討し，真に着圧の適正な範囲と，衣生活上の問題点を明らかにした．これにより自覚を伴わない圧迫部位とその強度，着方を明らかにした．

研究成果の概要（英文）：The measuring equipment of clothing pressure to measure supporting wear for legs was developed using the lower part of the body mannequin of the Japanese woman of the 20-30 years old. The preferred pressure range of the whole body by subjective evaluations for wearing elastic band was clarified. When it was focused pressed lower limbs, from the variation of the response of functions of the autonomic nervous system for supporting wear, objective data for the pressure stress were obtained. It was compared with the former data, an appropriate range of the clothing pressure for supporting wear, and the problems in the clothing daily life became clear. From the former results, intensity of the clothing pressure of body part without the awareness, and wearing way were clarified.

研究分野：　被服衛生学

キーワード：　下肢被服圧測定装置　圧感覚　被服圧　自律神経系の諸機能　交感神経　副交感神経　官能評価　下肢

１．研究開始当初の背景

被服の快適性には温・湿度，肌触り，動作の追従性が大きく関係する（原田 1996）ことがよく知られているが，近年これらに加え，被服圧が重要な因子の一つとされてきた。最近の被服圧研究では，特に人体を締め上げるフープテンション（周応力）についての問題が指摘されている（田村 2000，伊藤 2006）。周応力とは被服がずり下がったり・上がったりしないように，人体の一部に被服を押さえて止め付けた時に発生する圧力のことで，スカートやズボンのベルト，ブラジャーやガードル，ショーツのゴム紐，靴下の口ゴムと言った様々な日常着で発生しているごく身近な圧力である。古くはゴム紐を使用した時に発生する圧の弊害を見元医師が報告（1969～1987）し，生理学的な知見から，人体に少なからぬ負の影響を与えているとした様々な報告（杉本 1991，石倉ら 1995，岡田 1995，三野ら 1998, 菊藤ら 1999, Okura et al.2000，岡部ら 2000）がされ始めている。このように通常の生活において人体に負の影響を与える周応力であるが，その圧迫感を我々は常に正確に判定できるわけではない。それには２つの客観的な指標がないことが原因と考えられる。一つは簡便な被服圧測定装置がないこと。もう一つは，周応力発生時の圧の適正範囲が決定されていないことである。

我々は誰もが手軽に被服圧を測定できる簡易被服圧測定器を現在作製中（科研費補助金，基盤研究 C，課題番号：20500666）である。本測定器は臨床の医学領域で使用されているセロ（2008）や体圧分布測定装置(2009)や接触圧センサーシート（2005）よりも小型かつ精密であるが，一度に測定できるのは 1 カ所であり，部位によって積極的に圧強度を変えている服種では，測定に時間を要し，応用にはまだ至っていない。また，“ちょうど良い”と感じる時の圧値は，体部位や被覆面積によって異なるが，特に胸部から腹部にかけて鋭敏で低く，下腿部および手部は鈍くて高いことが明らかとなった。また現在，圧感覚の鈍い下肢に対する衣料では，“むくまない靴下”をキャッチコピーに，健康上問題が多いと考えられる製品が多く出回っている。消費者に対してそのような製品を選ばないこと，業者に対してそのような製品を作らないこと，マスコミに対してそのような製品を支持しないこと等の警告を促すための研究が必要となってきている。

ところで，下腿部の衣料，例えば靴下等の国外における被服圧測定は，英国では British Standards Institution によって靴下の被服圧の規格が定められている（1985）。この方法は実際にヒトが靴下を着用せずに，HATRA hose pressure tester markⅡを用いて代替え状態を作り，圧測定をしている。また，Bryune と Dvorak(1976)が血圧測定用アネロイドメータにゴム製のバッグ（圧力媒体は空気）を接続し，ストッキング圧を測定したが，受圧部の素材がゴムであるため，加えられた圧力により接触面積が変わり，一定の出力を得ることができていない。また，Fentem と Goddard（1979，圧力媒体は水）はグラスファイバー製の足型を用いて，ストッキング圧を直接法（後述の三野らを参照）と間接法〔その基礎は Laplace の膜平衡理論に基づく計算法を基礎とした Kirk と Ibrahaim（1966）が提案〕で比較しているが，両結果は測定部位によって一致していない。一方国内では，官能評価との対応が可能なことから，皮膚と被服との間に受圧部を挿入する直接法（三野ら 1991～1994，小南 2002）が主流〔庭屋ら（1992）や石丸ら（2010）のシミュレーションを用いた被服圧の予測モデルも報告されているが，まだ実用に至っていないのでここでは除く〕で，受圧部の圧力媒体に空気を用いている AMI 社製（代表小南氏）の接触圧測定装置（伊藤 1993，天野 1996）と，水を用いている我々の液圧平衡方式による被服圧計測システム（間壁・百田ら 1991～1992，岡田 1995）がある。ともに高価で大がかりな装置であり，圧力媒体を封入する方法や測定法にも習熟する必要があるために，一般には普及されていない。また諸岡は空気圧を用いたシリンダー方式による弾性靴下の被服圧測定法について報告（2007）しているが，下肢の測定部位は 11 点と少なく，最近の市販されている部分的に発生圧を制御している靴下の計測には不十分である。

２．研究の目的

近年，着圧ハイソックス等の圧力を積極的に下肢に加えて審美性を強調する製品が出回っている。それはヒトの下肢が胴部に比べ感受性が鈍く，周応力への耐久性が高いことに起因するが，審美性を求めるが故に，必要以上に締めすぎ，健康上の問題のある製品が少なくない。そこでまず，製品を簡単に短時間で計測する下肢被服圧測定装置を自作する。衣服を着用した時の圧の主観的評価だけでなく圧応答を自律神経系の諸機能から裏付けた，真の適正圧範囲を決定する。これを基準として，下肢被服圧測定装置から得られた圧値を総合的に評価するプログラムを作る。これにより自覚を伴わない圧迫部位や強度，着方を明らかにし，それらを改善した快適な衣生活の実現に貢献する。

３．研究の方法

本研究は 4 つの計画から成り立つ。

研究Ⅰは人体の下肢に擬似した，下肢被服圧測定装置を開発する。下肢被服圧測定装置の開発は二段階で行う。第一段階ではセンサーと下肢モデルとの相性を検討し，第二段階で人体の体表の粘弾性特性を自作の装置で調べ，その結果を装置の測定部位に再現して下肢衣料の圧を同時に多数部位で測定可能とする。

研究Ⅱでは，従来の主観的申告を基準とした圧値を測定し，仮の圧許容範囲を決定する。
研究Ⅲではより客観的な圧評価として自律神経系，ここでは申請した心電計を用いて，交感神経と副交感神経の応答を指標とした，圧許容範囲を再検討し，より確かな基準作りを目指す。
研究Ⅳでは，研究Ⅲで裏付けた圧許容範囲を基準として，対象衣料がヒトに適した圧範囲となるか否か判定するプログラムを作成する。

４．研究成果

本研究は研究Ⅰ：下肢被服圧測定装置の開発，研究Ⅱ：人体の下肢に圧負荷が加えられた時の主観申告，研究Ⅲ：自律神経系の変化を司法とした客観的評価から成り立つ被服圧の適正範囲を明らかにする４つの研究から成り立つ．研究Ⅰでは，日本人の成人女性の下肢モデルの選定した 21 箇所に圧センサーを組み込み，これに着圧下肢衣料を着装させた時の被服圧が計測可能となった．しかし，従来の被服圧計測システムの出力と比較したところ，被服素材の柔らかさにより，出力された圧値が変わるので，その補正式が必要となった．そこで，減圧分を適正圧に補正するための算定式を組んだ．この補正式を適用する場合，測定条件の見極めが必要となり，その補正条件も複雑に絡みあうので，かなり限定された時にのみ有効であった．今後，補正式を使用せずに済む，圧センサーの開発も必要と考えている．

研究Ⅱの着圧に伴う主観申告では，伸縮素材（靴下などに用いられるナイロンとスパンデックスの平織のベルト）を使用して，快適な周応力発生時の全身の被服圧分布を 22 ブロック（頭部２面，体幹部６面，下肢部７面，上肢部７面）で発生した圧とベルトの締め率を求めた．被験者は 20 歳代の成人女子 15 名であった．下肢部位は体幹部よりベルトの締め率は小さいにもかかわらず，快適圧は体幹部のそれに比べ有意に高いことが分かった．更に，下肢部位の７面（鼠径・大腿・膝上・膝下・下腿最大・下腿最小・足囲）で比較したところ，鼠径から足囲へ向かうほど，圧値が高くなる，つまり，圧感覚が鈍くなることがわかった．

研究Ⅲの着圧に伴う客観的指標では，心電図の R-R 間隔のゆらぎから，交感神経由来成分（HF）と副交感神経由来成分（LF）とを求め，これをストレス指標とするプログラムを組み上げた．20 歳代（被験者 A）と 50 歳代（被験者 B）の 2 名の成人女性それぞれの月経２サイクルにわたる毎朝の心電図を測定したところ，被験者 A は B に比べ，R-R 間隔のゆらぎの程度が大きく，従来の報告と同様な結果が得られた．ストレス指標と基礎体温，寝室温，環境温との間の相関係数を算出したところ，日常生活におけるこれらの因子間には有意な相関関係がなかったことから，ストレスが実験中の外部環境温の変化はストレスにはなっていないことがわかった．

このような実験環境下で，成人女性 9 名を用いて，就寝時に着用する着圧ハイソックス（SKS）を履いた時と履かない時のストレス指標，BMI,主観申告との間の相関係数を算出した．BMI と SKS 脱衣後のストレス係数との間には，有意な負の相関関係があったことから，BMI が高い人ほど，きつさを自覚していないが，実は自律神経系のストレスが生じていることがわかった．なお，BMI23.1 以上の人は SKS 脱衣後 2 時間経過すると，コントロールに比べて有意に下肢容積が増加し，整容効果が期待できないことがわかった．この結果から，下肢を細くするために就寝時に加圧することは，ストレスも増え，容積を増すことが明らかとなった．

研究Ⅳとして，下腿部の圧許容範囲の分布図を作成した．これを元として，ヒトが不快と感じていない圧であっても，自律神経系に影響を与える圧範囲を明らかとなった．

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 3 件）

① Mitsuno, T. and Miyazawa, Three-dimensional motion analysis of the bending exercise of the knee, 査読有, TBIS (Textile Bioengineering and Informatics Symposium), Vol. 8, 2015, pp.1-7

②三野たまき・名子はるか，浴衣のおはしょりの着崩れに関する研究，日本衣服学会誌，査読有，Vol.58，No.1，2015，pp.71-81

③三野たまき・綿谷知佳・新賀一郎，下半身のムクミに対する消費者の意識：着圧ハイソックスの有用性と留意点，繊維製品消費科学，査読有，Vol.53，2013，pp.934-941

〔学会発表〕（計 16 件）

①Mitsuno, T., Nagata, K., and Yoshida, A., Effects of wearing supported half pants during aerobic exercise on lipid consumption, 査読有, ARAHE (Asia Regional Association for Home Economics), August, 香港教育学院（Hong Kong, China）2015 年 8 月 6 日発表確定

②三野たまき・長田夏奈・日比野綾・登坂浩美・吉田昭雄・関根康博，日本繊維製品消費科学会 2015 年年次大会，2015 年 6 月 28 日発表確定，信州大学繊維学部

③Mitsuno, T. and Miyazawa, N., Three-dimensional motion analysis of the bending exercise of the knee, 査読有, The 8th Textile Bioengineering and Informatics

Symposium, June, Zadar University, Croatia,2015 年 6 月 16 日

④内田万結・三野たまき，浴衣のおはしょりの着崩れに関する研究－特に腰紐の締め加減と体型補正に関連して－，日本衣服学会，2014 年 11 月 15 日，東京学芸大学

⑤ Mitsuno, T., Topography of fitting-perception of clothing pressure measured on the whole body of Japanese young adult female, ISF, October, Tokyo Big Site (Tokyo)2014 年 9 月 29 日

⑥安藤優衣・三野たまき，有酸素運動の脂質消費量に影響を及ぼす諸因子，日本繊維製品消費科学会 2014 年年次大会，2014 年 6 月 29 日，京都繊維工芸大学

⑦三野たまき，衣服圧測定装置の開発，繊維学会 2014 年年次大会，2014 年 6 月 12 日，船堀タワーホール（東京都江戸川区）

⑧富永翔馬・三野たまき，二点弁別閾値に影響を及ぼす諸因子，日本家政学会第 65 回大会，2014 年 5 月 25 日，北九州国際会議場（福岡県北九州市）

⑨三野たまき，人体に快適な衣服圧分布を応用した着圧製品の設計及び開発，信大見本市，2014 年 3 月 4 日，信州大学工学部

⑩名子はるか・三野たまき，浴衣のおはしょりの着崩れに関する研究，日本衣服学会，2013 年 11 月 9 日，信州大学教育学部

⑪Mitsuno T., The effects of the time of day and the season on the lipid consumption under aerobic exercises, 11th International Congress of Physiological Anthropology (ICPA 2013), 2013 年 8 月 9 日, The Banff Center, Banff, Alberta, Canada

⑫小山公美・三野たまき，着圧ハイソックスの人体に及ぼす影響－特に就寝時に着用する製品について－，日本繊維製品消費科学会 2013 年年次大会，2013 年 6 月 23 日，椙山女学園大学

⑬篠原優布子・三野たまき，有酸素運動下における脂質消費量に及ぼす運動実施時刻の影響－特に運動負荷強度に関連して－，日本家政学会第 64 回大会，2013 年 5 月 19 日，昭和女子大学

⑭Mitsuno, T., Shing, I., Watatani, C., and Fukui, T., Consummer consciousness of Japanese women for swelling in the lower half of the body; Utility and regard for development of support knee-high socks--, ICPA (Inter-Congress of Physiological Anthropology 2012), 2012 年 9 月 4 日, China National Covention Center, Beijing, China

⑮三野たまき・竹中麻由子・新賀一郎・大沼信秋・綿谷知佳，着圧ハイソックスの補正および保温効果（その３）－設計条件の異なる 4 試料を用いて－，日本繊維製品消費科学会 2012 年年次大会，2012 年 6 月 23 日，文化学園大学

⑯長保美也・三野たまき，有酸素運動下の呼吸代謝に影響を及ぼす因子，2012 年 5 月 12 日，大阪市立大学

〔その他〕
ホームページ等
http://soar-rd.shinshu-u.ac.jp/profile/ja.gNfmbVkF.html

６．研究組織
(1)研究代表者
三野　たまき（MITSUNO, Tamaki）
信州大学・学術研究院教育学系・教授
研究者番号：００１９２３６０