一般報文

(平成4年6月8日受理)

人体の形状と柔らかさの同時測定装置の開発

*¹ 信州大学繊維学部繊維システム工学科 清水 義雄*¹・佐々木和也*¹・坂口 明男*¹
唐澤 朋久*¹・近田 淳雄*¹
*² 東京都立繊維工業試験場 加藤 陽一*²
*³ 宇都宮大学教育学部 清水 裕子*³

The Development of Equipment for Simultaneous Measurement of Shape and Softness of Human Body

*Yoshio Shimizu*¹, Kazuya Sasaki*¹, Akio Sakaguchi*¹, Tomohisa Karasawa*¹, Atsuo Konda*¹,
Yoichi Kato*², and Hiroko Shimizu*³*

*¹ Department of Textile System Engineering, Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda, Nagano, 386 Japan

*² Municipal Research Institute for Textile Science and Technology, Tokyo, Hachioji, Tokyo, 192 Japan

*³ Faculty of Education, Utsunomiya University, Utsunomiya, Tochigi, 321 Japan

Abstract: As consumers expect higher quality products in recent years, clothing products corresponding to the individual taste and sensibility are in demand. Especially, for the underwear of a special character which restricts and shapes the body, it is necessary to pay attention to the body shape and characteristics of each consumer. As the basic research for a production technique of individualized underwear, it is attempted to develop a simultaneous measurement system for human body shape and body softness. This system measures the shape and softness automatically by controlling many sliding-gauges with air pressure. The degree and the distribution of softness of a male chest and that of a female were measured and the difference between the male and the female was shown. It is also reported on the measuring apparatus of the character of body compression by the controllable sliding-gauges. The clothing design system based on the physique and body softness will become important from now on.

(Received June 8, 1992)

1. 緒 言

近年、消費者は益々本物指向へと価値観を変えつつあり、繊維製品にも同様の傾向がみられる。特に、被服は消費者の個性や感性を直接表現する物であり、人々は自分の考え方や感性にマッチした製品を求めるようになってきている。しかし、多くの人が自分好みの被服を容易に安価に入手するためには、まだ様々な要素技術が開発されなければならない。例えば、それぞれの着装者の着心地を満たすためには各人の三次元人体形状や物理特性を考慮した設計法を開発する必要がある。特にブラジャーなどのような人体を圧迫する被服の設計には、人体の形状

と共に各部位の柔らかさなどのデータが必要である。

人体の形状計測には、スライディングゲージ法・レプリカ法などの接触式と、シルエット法・ステレオ写真法・モアレトポグラフィ法などの非接触式がある。また、最近ではレーザー法[1,2]、ロボットアーム法[3]、磁気法[4]などの方法が用いられるようになってきて、精度の向上や測定時間の短縮などの改善が試みられている。しかし、人体の圧縮特性など、柔らかさに関連したデータの測定[5,6]はあまり行われていない。

そこで、本研究では人体の形状と柔らかさを同時に測定する装置の開発を試みた。また、人体各部位の詳細な圧縮特性を測定する装置も試作した。

2. 測定装置

人体の形状と柔らかさを同時に計るためにスライディングゲージを用いた測定装置を開発した。また、人体の特定部位の詳細な圧縮・回復特性を測定する装置を伊藤らの研究〔5〕を基に試作した。圧縮・回復測定装置を別に作製したのは、圧縮・回復速度を任意に設定し、圧縮・回復の速度依存性を検討するためである。

2.1 人体の形状と柔らかさの同時測定装置〔7-9〕

装置は、スライディングゲージ(ゲージ先端の圧縮部の面積: 0.07 cm^2)に駆動制御回路と変位センサ(緑測器, LP-100FP)を組み込んだものである。図1に測定装置の概略図を示す。シリンダ(自作)の2つの空気孔に注入する空気圧を制御することにより、スライディングゲージを前後に移動させ(移動距離80 mm)、任意の圧力(55~80 gf/point)で人体を押すことができる。各圧力における各部位の変位量は、変位センサの電圧変化としてA/Dコンバータを通じてパソコンに取り込まれる(取り込み精度0.5 mm)。取り込まれたデータは、フロッピーによりグラフィックスワークステーション(Apollo DN590T)に渡され、表示用のデータ処理などが行われる。スライディングゲージ・シリンダ・センサが一体となったものが20 mm間隔で水平に並んでおり、各スライディングゲージの押し込み距離と圧力を測定する事により、人体形状と柔らかさを同時に測定することができる。また、各水平方向での測定が終了すると、垂直方向に20 mm移動し、同様な測定を行う。図2に測定中の装置の写真を示す。

2.2 圧縮・回復特性の測定装置

図3に圧縮・回復特性の測定装置の概略を示す。この装置は、人体を圧縮するための加圧子(接触部の面積は $0.07 \sim 3 \text{ cm}^2$)などを載せた移動台と、この台を移動するための駆動部、及び測定・制御のためのパソコン部から構成されている。パソコンのステッピングモータ制御により台の移動速度を所定の値($0.8 \sim 1.6 \text{ mm/s}$)に設定することができる。台上の加圧子①が人体を押す力の検出は、バネ(バネ定数 7 gf/mm)③の縮み量を測ればよい。バネの縮み量は、ジョイント(100デニールのフィラメント糸)④を介して角度センサ(緑測器 CP-2 U)⑤の回転として測定される。本装置のバネの縮み量の検出精度は 0.1 mm (力の検出精度としては 0.7 gf)であった。

3. 実験方法

3.1 人体の形状と柔らかさの同時測定

被験者は健康な成人男女各1名とし、着座姿勢で背もたれに背中が密着する状態で測定を行った。測定部位は

Fig. 1 Schematic diagram of measuring equipment.

Fig. 2 Photograph of measuring equipment.

Fig. 3 Schematic diagram of apparatus for measuring compression properties of human body.

胸幅測定線から下部胸囲線までとした。

測定方法を以下に述べる。空気圧によりスライディングゲージを人体表面まで移動し、次に空気を抜いて圧縮力ゼロの状態での位置の検出を行う。このデータを形状

データとする。この状態から空気圧を4段階(順に55 gf, 60 gf, 70 gf, 80 gf)に調節し、随時スライディングゲージの変位を取り込む。

本報では、柔らかさを便宜上各圧力に対する圧縮変形量で表す。これらのデータをグラフィックスワークステーションで処理し可視化を行った。

3.2 人体の圧縮・回復特性の測定

健康な成人男子1名(身長170 cm 体重71 kg)について、圧縮・回復特性を次の3通りの方法で測定した。

(A) 速度依存性に関する実験

断面積0.07 cm²の円形圧縮子で前腕部を圧縮速度0.8, 1.2, 1.6 mm/sの3段階で測定した。

(B) 圧縮面積依存性に関する実験

断面積の異なる3種の円形圧縮子(1, 2, 3 cm²)で前腕部を圧縮速度1.6 mm/sで行った。

(C) 部位の違いに関する実験

断面積0.07 cm²の円形圧縮子で前腕部、大腿部、手について、圧縮速度1.6 mm/sで行った。

測定は各5回づつ同じ部位において10分以上間隔を空けて行い、平均値を測定データとした。

4. 結果と考察

4.1 人体の形状と柔らかさ

図4に人体形状とその柔らかさをグラフィックスで示す。ここでは、柔らかさの指標として80 gfで圧縮した時の変形量を用いた。形状をワイヤーフレーム(図中の白い線)で、柔らかさを黒から白までの20階調(変形量で0~20 mmに対応)の明暗に分けて表示した。(a), (b)はそれぞれ男性及び女性の胸部の測定例である。図から、男女共に乳頭付近が最も柔らかく、胸骨付近が最も硬いことが分かる。また、男性と女性では皮下脂肪の厚さ等により柔らかさの分布状態がかなり異なっていることが明らかである。

胸囲線上の乳頭点付近から胸骨付近までの3点を選び、各圧縮圧力における変形量を図5に示す。男女間及び部位における変形量に著しい差異があることが分かる。また、男女共に80 gf以上の圧力では、変形が飽和状態に近づいていることが分かる。

以上のように、本装置により形状と柔らかさを同時に測定することが可能であることが示されたが、次のような測定上の問題点がある。すなわち、胸部を測り終えるのに約10分程の時間がかかり、その間人体の呼吸や揺れで、形状測定の精度が装置本来のものより落ちる(呼吸や揺れによる誤差が場合によっては、±2 mmにもなる)。精度良く測定するためには、人体の揺動をなるべく受けないよう、迅速な測定が望まれる。また、スライ

Fig. 4 Displayed results of shape and softness of human body : (a) male; (b) female.

Fig. 5 Relation between pressure and displacement: ○ ●, nipple; △▲, sternum; □■, middle between nipple and sternum: —, female; ·····, male.

Fig. 6 Relation between displacement and stress with changes in compression velocity.

Fig. 7 Relation between displacement and stress with changes in anvil's area.

Fig. 8 Relation between compressed area and load.

ディングゲージが人体を圧縮する時に直角に押すことによって柔らかさが測定されるが、斜めの状態で測定されると、皮膚のせん断変形によって見かけ上柔らかく測定されるので、なるべく直角に押し当てる方法や、形状データからどの角度で押したかを推量して測定データの修正を行うなどの工夫が必要である。

4.2 圧縮・回復特性

図6に、圧縮・回復特性の速度依存性を示す。圧縮・回復速度が増すに従ってヒステリシスループが徐々に大きくなる傾向が見られる。これから、人体表面は粘弾性体であることが推測できる。

次に、圧縮面積依存性について図7に示す。これより圧縮面積が大きい方が、同等量変形させるための単位面

Fig. 9 Relation between displacement and stress at various body parts: —, forearm; ----, dorsum of the hand; - · - · -, thigh.

積あたりの応力が少ないことがわかる。

また図7の変形量3mmでの荷重と圧縮面積との関係をグラフ化すると図8のようになる。この図の縦軸の切片の値は、面積ゼロの針のような圧縮子で、人体を3mm圧縮変形するに要する力を意味している。すなわち、針のような圧縮子で人体を3mm押した場合、人体の皮膚を引き込むのに、25.7 gfの力が必要であることを意味している。

図9は、人体の部位による圧縮・回復特性の違いを示したものである。部位によって圧縮・回復特性がかなり異なっていることが分かる。このことは、被服による圧迫を考慮した設計には、人体の圧縮に対する部位別の特性を把握する必要があることを示唆している。

5. 今後の課題

本報では、人体の形状と柔らかさを同時に測定する装置の開発を行い、人体の圧縮特性や柔らかさは性別による差が非常に大きく、かつ部位によっても大きく異なる

ことを示した。また、田中ら〔6〕により、皮膚の圧縮変形におけるヤング率は被験者によってかなり異なると報告されている。このような個人差の大きな人体を包む被服には、徹底した個人対応型の被服設計システムが望まれる。そのためには、人体の形状のみならず柔らかさをも考慮した被服設計の基礎を確立することが必要である。すなわち、本装置のような測定器で人体の圧縮・回復特性を同時に測定し、データの蓄積を行い、それに基づいた被服設計の研究の積み重ねが必要である。

しかし、本装置のような接触式は一般に測定に時間がかかり、人体の揺動などからくる測定誤差が大きいなどの問題がある。この点については、ゲージ数を増やしたり、より迅速な制御を行う等の改良をする必要がある。

現在我々は本装置で測定した胸部の形状と柔らかさのデータを基に、乳房のダイナミックシミュレーションの方法を開発中であり、今後ブラジャーなどの被服の最適設計方法にもこの装置の測定を活かしたいと考えている。

文 献

1. 人間工学応用人体計測解析利用システム技術開発、中小企業事業団、昭和57-60年度。
2. 米国サイバウェア研究所、非接触型高速3次元デジタル化システム4020/TS カタログ(ジャパン・テック・サービス)。
3. 小坂研究所、空間座標測定装置、VECTRON、カタログ。
4. McDonnell Douglas, 3 SPACE Three-Dimensional Digitizer Catalog(日商エレクトロニクス)。
5. 伊藤紀子、山浦美智子、能勢隆之、堀野恒雄、繊維消誌, **26**, 204 (1985)。
6. 田中道一、弓削 治、繊維消誌, **11**, 214 (1970)。
7. 清水義雄、佐々木和也、古川貴雄、坂口明男、篠原和夫、近田淳雄、形の科学会、第17回シンポジウム予稿集, 17 (1990)。
8. 清水義雄、佐々木和也、坂口明男、篠原和夫、近田淳雄、清水裕子、繊維学会予稿集, **1990**, S-113。
9. 坂口明男、佐々木和也、篠原和夫、清水義雄、近田淳雄、清水裕子、第12回繊維連合研究会発表講演要旨集, 187(1990)。