

論文

衣服圧評価用の歩行動作ダミーの開発

第1報 柔らかダミーの開発

菅谷 紘子*¹⁾ 岩崎 謙次*¹⁾Development of an ambulation dummy for evaluation of clothing pressure
(Part 1) -Development of a soft dummyHiroko Sugatani*¹⁾, Kenji Iwasaki*¹⁾

In the field of product development and quality control evaluation of clothing pressure, such as compression wear that advertises the “clothing pressure” have been made, but these evaluations are not similar to actual use. This is due to the lack of evaluation equipment that considers the change of human body shape when this type of compression wear is being worn.

In this study, we aim to development evaluation equipment for these composite elements. We developed a soft polyurethane dummy that considers tissue hardness for each part of the human body. The softness replicates changes to tissue hardness of human body shape when compression wear is worn.

The equipment was verified as giving measurement results on clothing pressure comparable to those obtained from a human subject. As a result, we will use the soft dummy to evaluate clothing pressure.

キーワード：衣服圧, 評価装置, 人体硬さ, 人体の変形, 柔らかダミー

Keywords : Clothing pressure, Evaluation equipment, Tissue hardness, Change of human body, Soft dummy

1. はじめに

最近の健康志向ブームにより、「着圧」効果による運動機能サポートを謳った機能性ウェアや、健康雑貨アイテムなど多くの着圧製品が販売されている。各企業でも着圧効果検証のため衣服圧による評価を取り入れ始めており、評価の需要が高まっている。

一般に衣服圧測定は硬質ダミーや裁断用トルソ等を用いているが、人体との測定値の差が大きい。都産技研では人体に近い条件で再現性のある測定が可能な人工皮膚を埋め込んだ脚型ダミーの開発を行った⁽¹⁾。

しかし、多様な着圧製品の中には、その圧迫力により人体の柔らかな部位を変形させ、体型補正や姿勢矯正等を目的とした製品（骨盤矯正ベルトやコルセット、女性用ガードル等）などがあり、多様な製品の効果を評価するには至っていない。またこれらの多くは、その主たる対象年齢が40代以降の中老年女性であるが、現在利用しているダミーは20代女性の形状のものであり、体型に差異があり、着圧効果測定への影響が懸念される。

これらの課題を解決するため、中年女性を対象モデルとし、人体特長を考慮した柔らかなダミー（以下、柔らかダミーとする）の開発を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 使用機器

【サイズ, 形状の測定】

- ・マルチン人体測定器
- ・人体3次元計測装置（浜松ホトニクス株式会社, C9036）

【硬さの測定】

- ・組織硬度計（伊藤超短波株式会社, OE-220）

【衣服圧の測定】

- ・衣服圧測定装置（株式会社エイエムアイテクノ, AMI-3037）
- ・エアパックセンサ（株式会社エイエムアイテクノ, 直径20mm）
- ・20代女子平均ダミー：MPS-20（七彩製）

2.2 試験方法

2.2.1 サイズ, 形状の測定

人体を模倣したダミーを作製するために、被験者は40代～50代の健康な9～11号サイズの女性6名とし、被験者のサイズ, 形状を測定した。

併せて、社団法人人間生活工学研究センター（以下HQL）による、日本人の人体寸法データブック（2004-2006）の40代女性のデータを参考にした⁽²⁾。

測定はマルチン法による直接測定と、人体3次元計測装置を用いた間接測定による形状の把握を行った。マルチン法では、ダミー作製に必要な要素項目として、周長項目7

事業名 平成22年度, 23年度 基盤研究

*¹⁾ 墨田支所

か所、長さ項目 5 か所、幅項目 6 項目の計 18 か所の測定を行った。各測定項目は、主に JIS に規定された衣服設計のための人体計測に用いられる部位とした⁽³⁾。

2. 2. 2 人体の硬さの測定 柔らかかダミー作製にあたり、人体の各部位の硬さを測定した。都産技研では、人工皮膚を埋め込んだ脚型ダミーの開発時に、KES-G5を用いて下肢の部位別硬さを測定したが⁽¹⁾、圧縮時にかかる荷重が大きく、測定の際に姿勢を保つことが難しいため、正確に部位別硬さを測定できなかった。

そこで本研究では、人体の軟部組織の硬さを正確に測定できる、組織硬度計による測定を実施した^{(4)~(8)}。この機器の原理は、圧縮部分にあたる先端部に、「押す力センサ」と「押される力センサ」の二つのセンサがあり、二つのセンサの合計荷重が 10N になったときの、押す力の割合 (%) が硬さとして測定されるものである。したがって、硬い部位は数値が大きく、柔らかい部位は数値が小さくなる。

人体の硬さ測定はこれを利用して、次の条件で実施した。被験者は 40 代~50 代の健康な 9~11 号サイズの女性 5 名とし、姿勢条件は立位、力を抜いた弛緩状態で測定を行った。

測定部位は JIS に規定された衣服設計のための人体計測に用いられる測定点を基に、12 か所（ウエスト前面、ウエスト脇、ウエスト後面、腹部前面、臍脇、腸骨部、臀部最突点、臀部外側、臀部下部、大腿部前面、大腿部外側、大腿部後面）を測定した。なお、以下測定した硬さは、例えば組織硬度計で 15% と測定された場合、「15% 硬さ」と表記する。

2. 2. 3 ダミー構成材料の硬さの測定 人体の硬さに応じた材料選定のために、配合により硬さを変化させることが可能なウレタン材料を選択した。本研究では、人体硬さ測定に用いた組織硬度計を使用し、ウレタン材料の硬さ測定を行った。

ダミー作製に必要な硬さ材料の検討のために、測定試料は配合により、硬さを 5 段階に変化したウレタン材料を用いた。そのうち、人体の平均硬さに近い 1 種類を選択した。この材料の厚さを 10mm~40mm に変化させ、厚さ変化時の硬さの測定を実施した

2. 2. 4 衣服圧による評価 衣服圧の測定は、従来都産技研で使用している、エアバック方式を採用した。使用機器は前述のとおりで、供試衣服は市販の女性用ガードル 2 種類（以下、弱圧設計ガードル、強圧設計ガードルとする）とした。

測定対象として、40 代~50 代の健康な 9~11 号サイズの女性 6 名、従来用いてきた硬質ダミー、開発した柔らかかダミーの 3 対象とした。測定は立位静止状態で実施し、測定部位は、腹部、臀部、臀部外側、大腿部前面、大腿部後面の 5 か所とした。

3. 結果及び考察

3. 1 硬さの測定

3. 1. 1 人体の硬さの測定 日常生活において、人体の硬さ、特に腹部や臀部は、腹筋などへ力を入れたり抜いたりすることで、硬さが変化する部位である。このことから、特に硬さに差があると考えられる、腹部と臀部について硬さ測定を行った。被験者 1 名を立位姿勢として、「力を入れた緊張時」と「力を抜いた弛緩時」の 2 条件の測定結果を図 1 に示す。

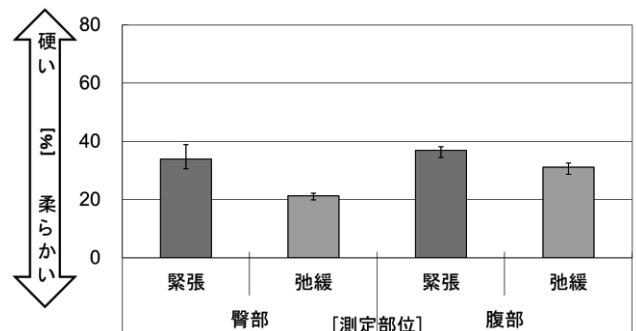


図 1. 人体の緊張時と弛緩時の各部位の硬さの違い

緊張時と弛緩時は、どちらの部位も約 10% 硬さの差があり、感覚と同様に弛緩時は柔らかく、緊張時は硬いことがわかった。

そこで被験者 6 名による人体各部位の硬さの測定を実施した。測定は立位で、通常の状態に近い弛緩状態で測定した。実施した部位別硬さの結果を図 2 に示す。図の破線部分がウエスト~大腿部の人体の平均硬さであり、「26% 硬さ」であることが確認できた。

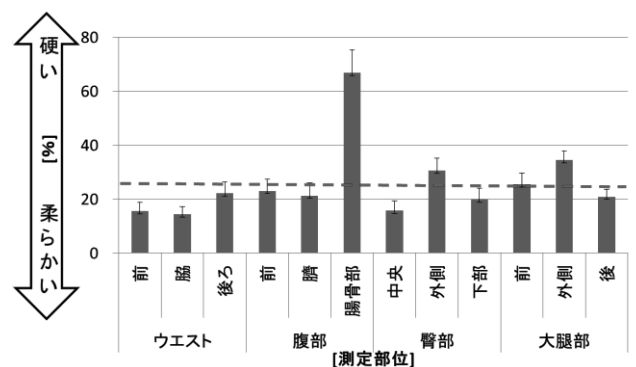


図 2. 人体の各部位の硬さ

各部位の硬さ測定の結果から、部位間の差が大きいことがわかる。特に硬い骨上の部位か、筋肉、又は皮下脂肪層の上で測定するかで差が大きい。今回測定した部位の中では、骨上の皮下脂肪層が最も少ない腸骨部が最も硬く、筋肉や皮下脂肪層の厚い臀部最突点が最も柔らかい傾向にあった。また、臀部、大腿部では、前面、後面に対し、外側がやや硬い傾向にあることがわかった。

3. 1. 2 ダミー構成材料の硬さ 配合により硬さを5段階に変化したウレタン材料を測定した結果, 最も柔らかい材料と最も硬い材料では硬さの測定値に「15%硬さ」程度の差があった。このうち, 人体の平均硬さ(「26%硬さ」)に近い材料をダミーの主材料とした。(これを以下「平均硬さ材料」とする。)

次に平均硬さ材料を用い, 厚さを変化させて硬さの測定を行った。その結果を図3に示す。棒グラフは, 硬い机上(以下, 硬い面上)で測定した結果であり, 平均硬さ材料の厚さが薄いほど硬く, 厚いほど柔らかいことがわかった。また厚さを変化させることで硬さは「15%硬さ」程度幅を持たせられることがわかった。特に厚さ10mm~20mm間で, 急激な硬さの変化があることも認められ, 10mm~20mm厚ほどになると測定面の硬さの影響を受けるためと考えられる。

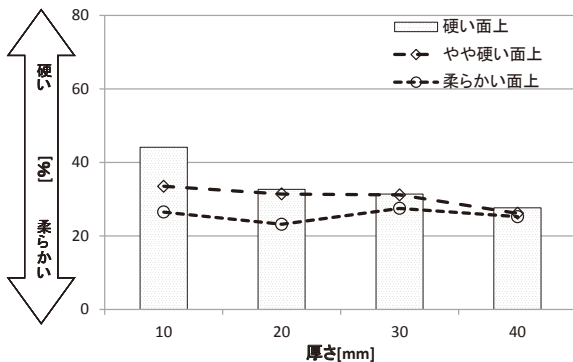


図3. 厚さ変化による, 硬さの測定値の違い

図中の折れ線グラフはこの測定面の硬さを変化させたものである。平均硬さ材料に比べやや硬い材料の面上と平均硬さより柔らかい材料の面上で測定した結果, 硬い面上(机上)の測定値と「20%硬さ」程度硬さに差があることがわかった。柔らかい面上での測定は, ウレタン材料の厚さを薄くすることにより, 先に述べたのと逆に, 柔らかい測定面の影響を大きく受けることがわかった。

また, 図中右端の40mm厚の結果では, 硬さの異なる面上で測定しても硬さに差がみられなかった。以上より, 40mm厚以上で真に近い硬さとなっていると考えられる。

このように, 硬い面や柔らかい面の上へ平均硬さ材料を乗せるなど, 材料を二層にしたときに硬さを変化できることがわかった。これをダミー作製に応用した。

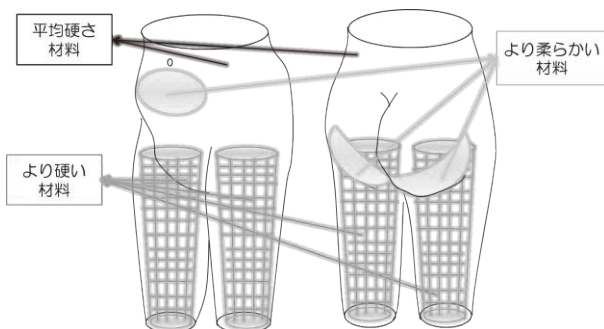


図4. 各硬さサンプルの配置

3. 2 柔らかくダミーの作製 ダミーのサイズは, 被験者実験の結果に基づき, HQLの日本人の人体寸法データブック(2004-2006)の40代女性の平均値を加味し決定した。形状は, 平均サイズを加味した上で実際の人間に近似したモデルとするため, 3次元測定の結果から平均的な被験者1名を抽出し, モデル化した。

人体は骨格の周囲に筋肉がつき, その上に柔らかい組織が乗った構造である。この構造を模倣し, ダミー内部へ人体骨格模型を埋め込むこととした。人体骨格模型をダミーの骨格として, 平均硬さ材料を中心材料に用いた。

人体で大きな筋肉のある大腿内部へは, より硬い材料を配置し, 人体で皮下脂肪層の厚い腹部, 臀部中央~下部へは, より柔らかい材料を配置した。各硬さ材料の配置の詳細は図4のとおりである。このように硬さをコントロールして作製したダミーを図5に示す。

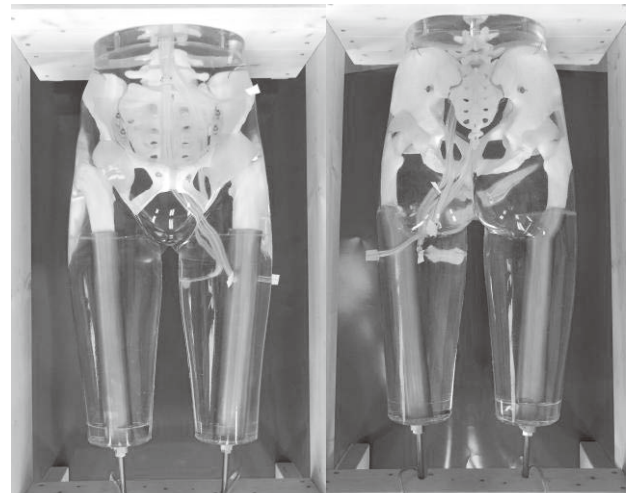


図5. 柔らかくダミー (左: 前面, 右: 後面)

3. 3 柔らかくダミーと人体の比較

3. 3. 1 硬さによる比較 人体と柔らかくダミーの腹部前面, 臍脇, 腸骨部, 臀部最突点, 臀部外側, 臀部下部, 大腿部前面, 大腿部外側, 大腿部後面の9か所の硬さを比較した結果を図6に示す。

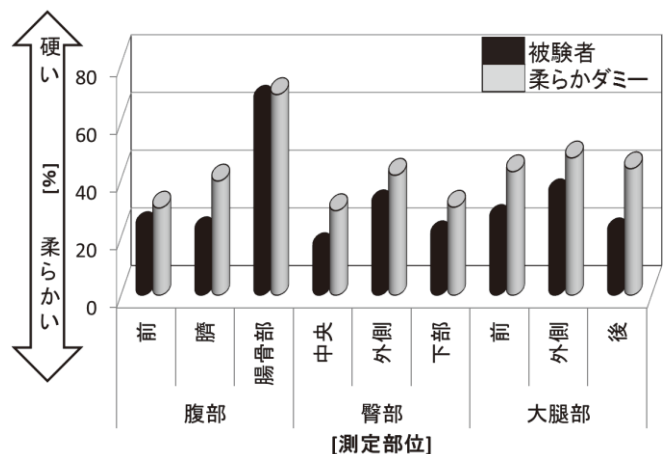


図6. 柔らかくダミーと被験者の各部位の硬さ

この図は柔らかかダミーの部位別硬さと被験者の部位別硬さをグラフ化したものである。各部位とも人体と比較して柔らかかダミーはやや硬い傾向にあるが、各部位間では類似した硬さであることがわかる。

以上より、開発した柔らかかダミーは人体に類似した硬さ傾向の柔らかかダミーであることが確認できた。

3. 3. 2 衣服圧測定による比較 衣服圧を測定し、柔らかかダミーの評価を行うにあたり、弱圧設計、強圧設計として販売されている女性用ガードル 2 種類を着用させた際の衣服圧の結果を図 7～図 8 に示す。

まず臀部以外の部位の測定値は、硬質ダミーが最も高く、次いで柔らかかダミー、被験者の順になっている。これは、硬さの順と一致しており、硬い面では測定値が高く、柔らかい面ほど生地が表面へ馴染み、センサの押される力が分散されるため、測定値が低くなったと考えられる。この結果から柔らかい部位は柔らかい面で測定しなければ、生地の締め付け力による形状の変化が起こり、生地が馴染み圧力が分散する効果などが観察できないと考える。

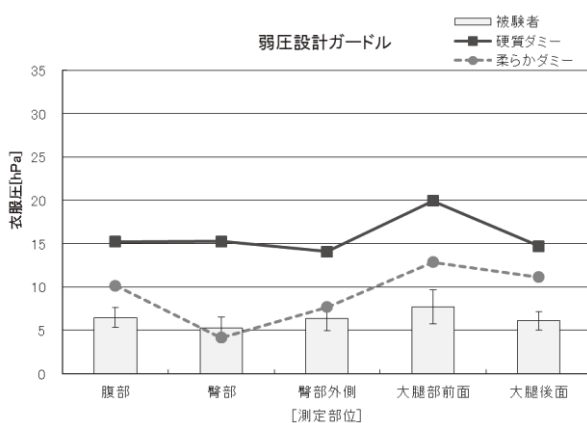


図 7. 弱圧設計ガードルの各部位の衣服圧測定結果

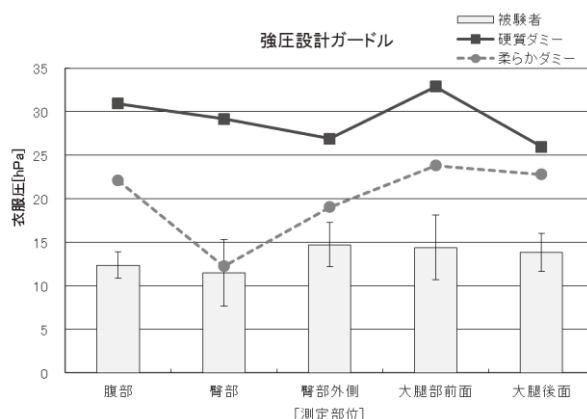


図 8. 強圧設計ガードルの各部位の衣服圧測定結果

臀部では被験者と柔らかかダミーの衣服圧測定値の差が、他部位に比べて小さいことが特徴的である。被験者の硬さと柔らかかダミーの硬さの差は、他部位と同程度である。臀部は最も面積が広く、また部位の特徴として曲率半径が小さいため、締め付け力により形状変化が生じやすく、センサが沈みこみ押される力が分散されると推測できる。ストレッチ性のある生地を装着した時の、柔らかかダミーの変形状態が人体の変形に近い挙動を示したためと考えられる。

以上より、従来の硬質ダミーでは被験者との測定値に差が大きかったが、柔らかかダミーを用いる事でより人体に近い測定がモデル実験として行えると考える。

4. まとめ

これまでの品質管理や製品開発の現場でも、衣服圧による評価が行われており、現在のポピュラーな評価方法に、被験者実験によるものや、硬質ダミーを用いた測定等がある。しかし、これらの評価方法には人体の柔らかさからくるいくつかの問題点があった。

これらの問題点を踏まえ、本研究では、人体各部位の硬さ分布測定を行い、人体に類似した硬さを持つ全体が柔らかかダミーを開発した。この柔らかかダミーを用いて衣服圧の測定を行うことで、人体に近い評価が可能となった。本開発装置を提供することで、企業の製品開発や品質管理の支援に役立てたい。なお、人体に近似した硬さを持つダミーについては、特許出願中⁽⁹⁾である。今後、動作を含めた衣服圧評価装置の開発に生かしていきたい。

(平成 24 年 5 月 18 日受付, 平成 24 年 8 月 3 日再受付)

文 献

- (1) 岩崎謙次, 松澤咲佳, 飯田健:「ハイサポート製品の衣服圧測定用脚型ダミーの開発」, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 第 3 号, (2008)
- (2) 人間生活工学研究センター:「日本人の人体寸法データブック 2004-2006」(2006)
- (3) JIS L 0111: 2006 衣料のための身体用語
- (4) 荻原久佳 他:「経皮的神経電気刺激と感覚閾値の変化」, The 27th Annual Tohoku Physical Therapy Congress 2009 p.89 (2009)
- (5) 森下勝行 他:「超音波照射が軟部組織硬度と関節可動域に与える影響」, The 27th Annual Tohoku Physical Therapy Congress 2009 p.81 (2009)
- (6) 渡辺哲朗 他:「新しい評価手法を用いた軟部組織硬度の計測—軟部組織硬度計を用いて—」, The 27th Annual Tohoku Physical Therapy Congress 2009 p.87 (2009)
- (7) 渡辺哲朗:「腰痛に対するストレッチング効果の基礎的研究—温熱療法との併用効果について—」, 第 45 回日本理学療法学会大会要旨集 p.382 (2010)
- (8) 森下勝行 他:「軟部組織硬度と関節可動域に対する超音波療法の効果—単盲検プラセボ試験による検討—」, 第 45 回日本理学療法学会大会要旨集 p.804 (2010)
- (9) 菅谷紘子, 岩崎謙次:「人体模型」, 特願 2011-151286 号