

歩行型腰部柔らかダミーを用いた衣服圧測定方法の確立

地方独立行政法人東京都立
産業技術研究センター
(共同研究者) 同
菅谷 紘子
岩崎 謙次

The Establishment of Clothing Pressure Evaluation Method Using the Walking Soft Dummy

by

Hiroko Sugatani, Kenji Iwasaki
*Tokyo Metropolitan
Industrial Technology Research Institute*

ABSTRACT

Clothing pressure evaluation for product development and quality control is primarily performed by methods involving the use of hard dummies in a stationary state. However, such methods do not provide sufficient evaluations if it is assumed that people will be subject to a variety of dynamic effects while wearing the clothing. Therefore, in this study, we developed soft-waisted walking-type dummies to simulate the softness distribution of the human body and examined their potential use in a new method of clothing pressure evaluation.

Two types of long girdles were used as specimens, and the clothing pressure measurements were taken at 11 locations on the waist and leg sections, using an air pack system. Static measurements were taken to examine the stationary upright condition with the legs held together as well as with the legs spread apart, while dynamic measurements were taken with the stride and speed varied in stages for examination.

The trends in the measured values were approximately the same for the soft and hard dummies in the static measurements, although the levels of the measured values differed depending on the measurement locations. Differences in the measured values were observed between the stationary upright position with the legs spread apart and the stationary upright position with the legs held together in locations such as the groin and gluteal fold. The dynamic measurements also indicated that larger strides resulted in greater amplitude of the clothing pressure, and as the speed increased, a constant clothing pressure was applied, which reduced the fluctuation. The fact that time-series variation existed with movements, as described above, implies that it is necessary to change the stationary methods used for clothing pressure evaluation.

要 旨

製品開発や品質管理における衣服圧評価は、静止状態の硬質ダミーを用いる方法が主流である。しかし人が衣服を着用する際、様々な動的な影響を受けており、実際の着用を想定した場合に十分な評価ができていない。そこで、本研究では私たちがこれまでに開発した、人体の柔らかさ分布に相似した歩行型腰部柔らかダミーを用い、新しい衣服圧測定の可能性を検討した。

試料は、ロングガードル2種類、衣服圧測定はエアパック方式を用いることにより、腰部および脚部の11箇所を測定した。静的な測定では、立位静止時及び開脚静止時における検討を、動的な測定では、歩幅、速度を変化させ検討を行った。

静的な測定では歩行型腰部柔らかダミーと硬質ダミーとの比較で、部位により測定値のレベルは異なるが、試料間の測定値の傾向は近似していた。前後開脚静止時では、立位静止時と比較して鼠蹊部や臀溝部などの部位において、測定値に差がみられた。また、動的な測定の結果、歩幅が大きくなるにしたがって、衣服圧の振幅が大きくなった。しかし速度が速くなっても動的な変化にともなう一定の衣服圧がかかるため変動が抑えられ小さな変動となった。このように動作時には時系列変化

があるため、静止時と異なる考え方をする必要があり、示唆された。

緒 言

近年、脚の疲れを改善するストッキングや医療分野における脚のむくみ、血流障害を改善するためのサポートストッキングなど脚を加圧する製品が開発されている。これらの製品の衣服圧測定は、静止状態の硬質ダミーを用いる方法が主流であり、開脚した静止状態の衣服圧や動きをともなう衣服圧を測定した事例が見当たらない。しかし、着用する人体は、静止状態の様々な姿勢や動きにともなう衣服圧の動的な変化など様々な圧力を衣服から受けている。今後、快適な製品の開発や表示上の情報を正確にするために、動きをともなう衣服圧測定を行うことが期待されている。

そこで、動的な衣服圧測定という課題を解決するために、東京都立産業技術研究センターでは平成23年度～平成24年度の2年間をかけ、人体の腰部・脚部について人体の柔らかさ分布に相似した歩行型腰部柔らかダミー^{1,2)} (以下柔らかダミー)を開発し、特許を取得した³⁾。本評価装置を用いることにより、従来硬質ダミーで測定していた衣服圧測定とは異なる人体に近い衣服圧を測定することができた。具体的に言えば、柔らかダミーを

用いて静的な衣服圧測定及び動的な衣服圧測定を可能とすることができた。従来の衣服圧測定方法とは異なる柔らかさと動作を考慮した柔らかダミーを用いた衣服圧測定方法は、生活環境下における人体の快適性に寄与するとともに、腰部に関する多くのサポート製品の基礎資料となり、身に着けやすく快適な製品づくりの重要な情報を提供できると考える。

1. 実験方法

1. 1 歩行型腰部柔らかダミーと衣服圧測定装置

測定装置には、本研究センターで開発した柔らかダミーを用いた。この測定装置の形状と構造は、40代女子の腹部から膝部までを再現した人体形状ダミーで、人体と同様の骨格及び人体に近い硬さ分布にするために硬さの異なるウレタン樹脂を積層し、動作を可能とした柔らかダミーである。本測定装置の外観図を図1に示す。衣服圧の測定には、株式会社エイエムアイ・テクノ製(AMI3037-10-SW)のエアパック式衣服圧測定装置を用いた。また、使用したエアパックセンサは、標準形(直径:20mm)である。

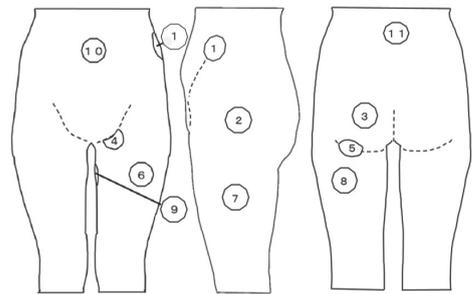
1. 2 歩行型腰部柔らかダミーの衣服圧測定部位

歩行や走行など人体が移動するために、人体の



図1 歩行型腰部柔らかダミー装置外観図

腰部は、重要な部位であり、円滑な動作を保証することが求められている。本報告の測定部位は、人体腰部の骨格及び筋肉の付き方や、ガードルなどの測定時に頻繁に用いられている衣服圧測定箇所を考慮した結果、腹部、腸骨稜、転子点等11箇所の部位とした。衣服圧測定部位を図2に示す。また、動作時においても同じ部位の衣服圧を測定した。なお、柔らかダミーの右側の部位は、センサ等が埋め込まれており、若干数値が高くなる傾向が認められたため、人体に近い衣服圧測定値を示す左側の部位とした。



①腸骨稜 ②転子点 ③臀部最突点 ④鼠蹊部 ⑤臀溝部
⑥大腿最大囲前点 ⑦大腿最大囲外側点 ⑧大腿最大囲後点
⑨大腿最大囲内側点 ⑩腹部最突点 ⑪腸骨稜囲背部中央点

図2 衣服圧測定部位の箇所及び名称

1. 3 試料

実験に用いた着用衣服として、同一メーカーで製品の種類により衣服圧が弱圧設計と強圧設計があるロングガードルを選定した。これらは、柔らかダミーの衣服圧測定部位が腹部から膝部までであり、この部分を覆う製品であることと、衣服圧の設計思想が同じである弱圧設計ロングガードル(以下、弱圧製品)と強圧設計ロングガードル(以下、強圧製品)であることが、圧力差を明確に評価できると考えたためである。試料を表1に示す。

1. 4 実験手順

1. 4. 1 立位静止時の衣服圧測定

従来用いていた硬質ダミー(株式会社七彩製, WD-40A)と柔らかダミーを用いて立位静止時に

表 1 測定に用いた試料の組成と各部の寸法

試料緒言	No.1 弱圧設計	No.2 強圧設計
組成	ナイロン 61% ポリウレタン 39% マチ部分：綿 100%	ナイロン 80% ポリウレタン 18% その他 2% マチ部分：綿 100%
天幅	285.0	250.0
ガードル丈	399.5	378.5
前丈	180.0	170.0
ヒップ幅	365.0	260.0
すそ幅	170.0	140.0
口ゴム幅	6.0	30.0

おける衣服圧を測定する。

1. 4. 2 前後開脚静止時の衣服圧測定

柔らかダミーの特徴は脚を前後に動かすことができることであり、動作範囲内であれば任意の膝間隔で止めることができる。このため、従来の硬質ダミーでは測定できなかった前後開脚静止時の衣服圧を測定できる。実験では、柔らかダミーの開脚の長さは膝間隔で指示をする。開脚を始動しはじめた膝間隔 120 mm は歩幅 240 mm、可動限界開脚である膝間隔 280 mm は歩幅 600 mm に相当する。この 2 水準の歩幅で、左脚を前とした状態及び左脚を後とした状態について、柔らかダミー各部位の衣服圧を測定する。

1. 4. 3 動作時の衣服圧測定

人の行動は大きく静止時と動作時がある。これまでダミーを用いた動的な衣服圧測定は見かけられない。歩行の場合、動作状態の衣服圧は各部位で変動しており、脚の前後運動によって腰部や脚部は大きな変動となる。動作させることで柔らかダミーは、各部位の変動や部位の相互関係を捉えることができる。膝間隔 (120 mm, 280 mm) と歩行速度 (50 歩/分, 90 歩/分) の各 2 水準の実験条件における動的な衣服圧を測定する。

2. 実験結果及び考察

2. 1 立位静止時の衣服圧測定

図 3 に硬質ダミー及び柔らかダミーの測定結

果を示す。硬質ダミーの衣服圧は、弱圧製品で、腸骨稜位背部中央点の 0.7 hPa を除くと 7 hPa ~ 19 hPa の範囲に収まっている。これと比較して、強圧製品は、腸骨稜位背部中央点の 0.6 hPa を除くと 12 hPa ~ 23 hPa の範囲となっており、図 3 から強圧製品の方が弱圧製品よりも全体的に大きな衣服圧を示すことが分かる。腸骨稜位背部中央点の小さな値となっているが、背中の中であり、やや凹んだ部位であるために小さな値となっている。柔らかダミーの衣服圧は、弱圧製品で、腸骨稜位背部中央点 (0.3 hPa)、腸骨稜 (31.7 hPa) を除くと 3 hPa ~ 15 hPa の範囲に収まっており、柔らかダミーの衣服圧測定全体は硬質ダミーよりも低い値となり、衣服圧の範囲は同程度となっている。また、強圧製品は、腸骨稜位背部中央点 (0.3 hPa)、腸骨稜 (38.6 hPa) を除くと 11 hPa ~ 20 hPa の範囲に収まっている。図 4 に硬質ダミーと柔らかダミーの強圧製品と弱圧製品の衣服圧差を示す。この図において強圧製品は、転子点 (-3.0 hPa)、腸骨稜位背部中央点 (-0.2 hPa) の 2 箇所が小さくなっている。本報告で用いた衣服圧測定装置の標準不確かさは $\pm 1 \text{ hPa}^4$ であることから、腸骨稜位背部中央点については弱圧製品と強圧製品の衣服圧差が無いと考えられる。

2. 2 前後開脚静止時の衣服圧測定

本報告では、膝間距離 120 mm に前後開脚し、左脚前及び左脚後の各部位の衣服圧測定結果を図 5 に示す。柔らかダミーの脚を前後に開脚した場合の左脚前の左側面図、左脚後の左側面図を図 6 に示す。

左脚を前に固定し、膝間隔 120 mm の場合、各部位の衣服圧は、立位静止時と同様の傾向であるが、鼠蹊部の衣服圧に違いがみられる。弱圧製品の鼠蹊部の衣服圧は、9.6 hPa であるが、強圧製品では、19.2 hPa と高い衣服圧が掛かる。これは、左脚が前に移動すると弱圧製品の場合は生地が緩

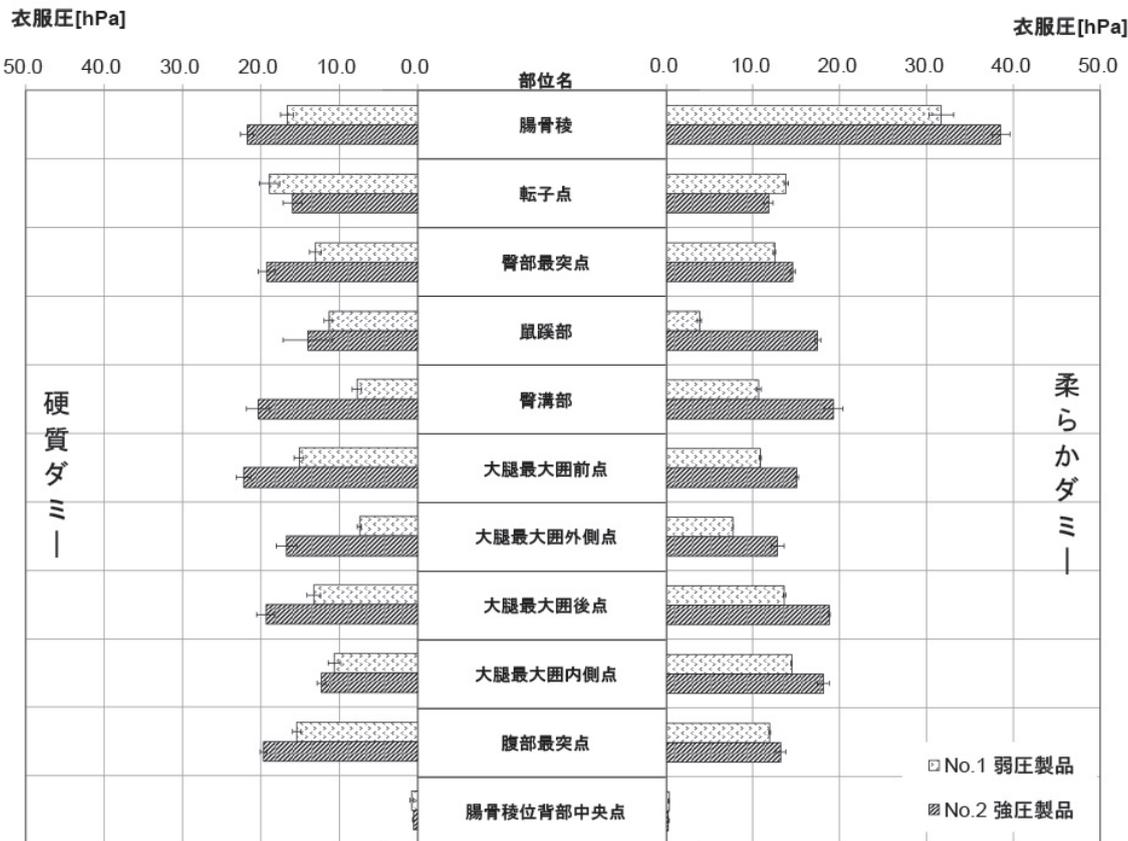


図3 硬質ダミー及び柔らかダミーによる立位静止状態の衣服圧測定結果 (N = 3)

むため低い値となるが、強圧製品では、高い衣服圧が全体的に掛かるため、鼠蹊部でも高い衣服圧が保持されることが分かる。また、大腿部の前、外、内、後の4部位の衣服圧は、弱圧製品が7 hPa ~ 15 hPa の範囲に対し、強圧製品は12hPa ~ 19hPa の範囲であり、しかし、大腿4部位の衣服圧差は弱圧製品と強圧製品がともに同じ傾向である。腰部については、ほぼ立位静止時と同じである。

この傾向は、左脚を後ろにした場合でも同じであるが、鼠蹊部は、脚の動きに大きな影響があるため、弱圧製品の場合でも鼠蹊部に1.1 hPaの衣服圧が掛かっており、強圧製品の場合の鼠蹊部の衣服圧は14.8 hPaとなっている。強圧製品と弱圧製品の鼠蹊部の衣服圧差は13.7 hPaであり、左脚を前にした場合の10.6 hPaより大きな衣服圧差と

なった。

また左脚を前にして膝間隔280 mmの衣服圧は、全部位に大きな衣服圧が掛かるが、脚の前後の位置や弱圧製品と強圧製品の違いなどの傾向は膝間隔120 mmの場合と大きな変化は認められなかった。このことから、衣服圧設計上の強弱を、全体的な衣服圧のレベル差として検証できることが分かった。

2. 3 動作時の衣服圧測定

柔らかダミー歩行動作時の時系列変化にともなう各部位の衣服圧変化を図7に示す。この図は、5秒間の各部位の動的服装圧変化のグラフである。各部位の衣服圧が時間とともに動いていることが分かる。したがって、静止時の衣服圧とは

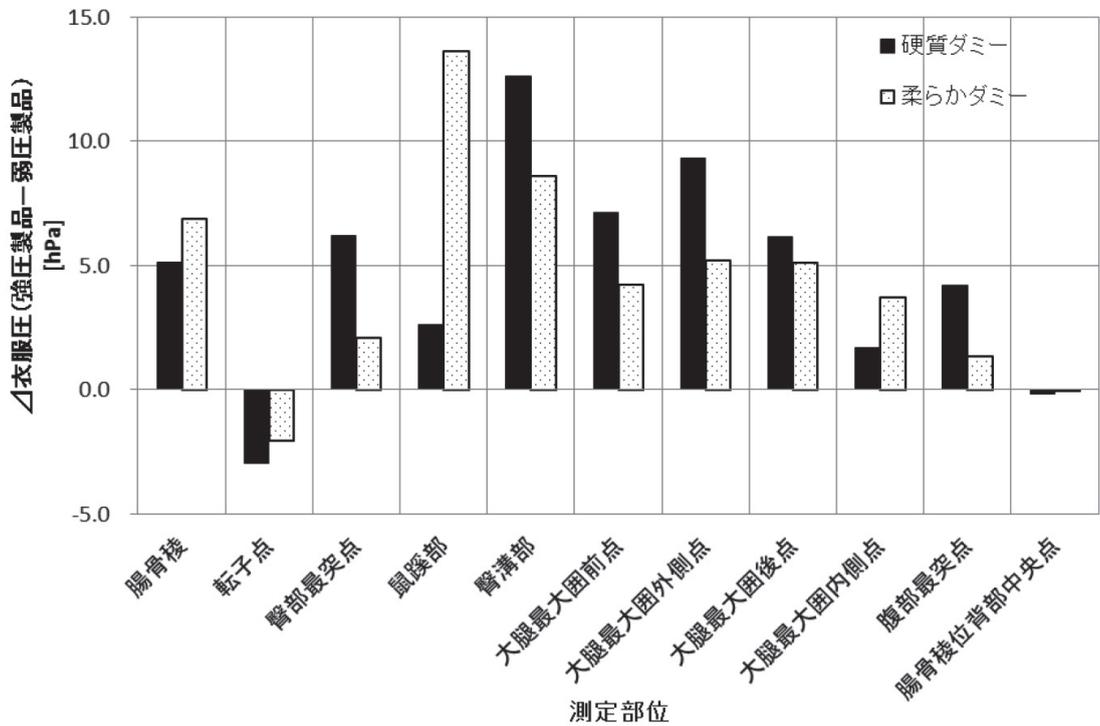


図4 硬質ダミー及び柔らかダミーによる強圧製品と弱圧製品の衣服圧差

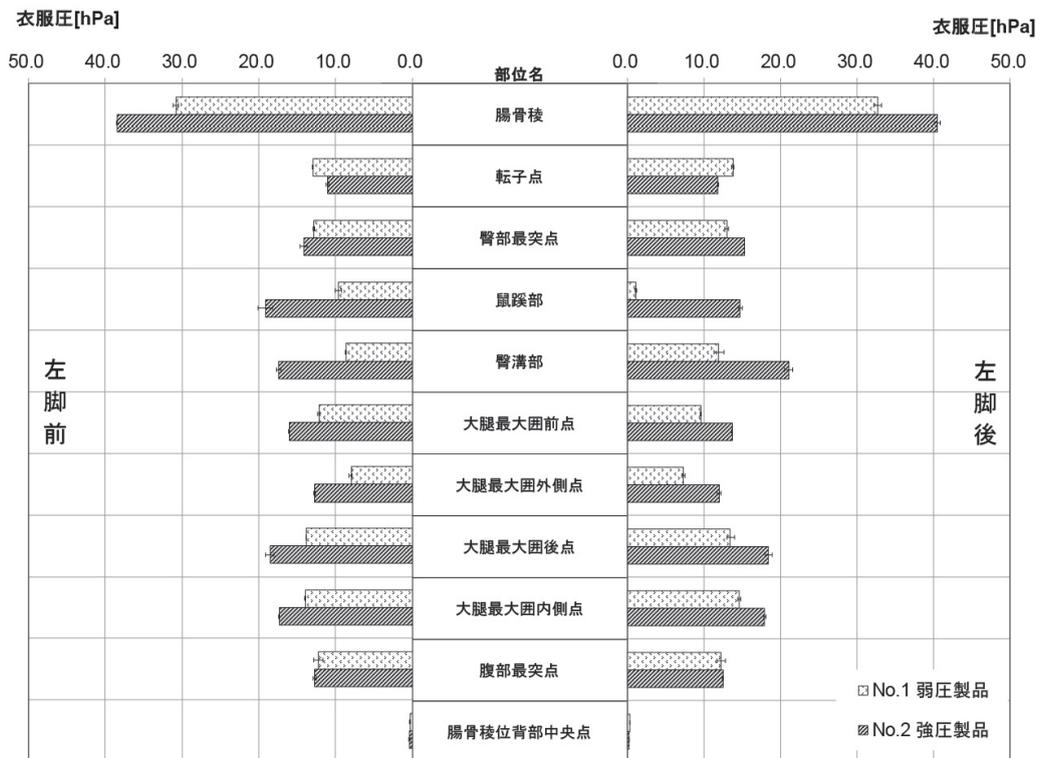


図5 膝間隔120mm、左脚前/後の衣服圧測定結果 (N = 3)

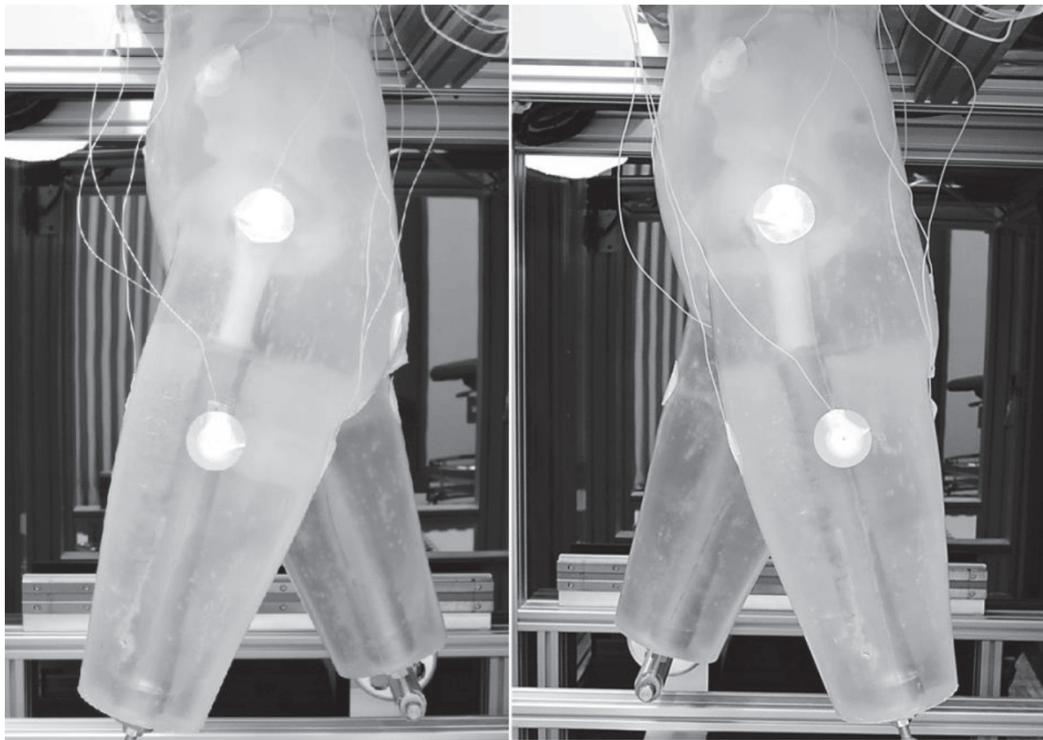


図6 柔らかダミーの開脚状況(左:左脚前,右:左脚後)

異なる衣服圧の表示方法を考案する必要がある。一般的に、波形は sin 曲線などにみられるように、振幅と周期で表わされる。そこで、各条件における 3 波形分をサンプリングし、最大値、平均値、最小値を算出した。図 8 に腰部及び脚部の平均値のグラフを示す。

定型的な前後運動を行うため滑らかな波形が周期的に出力され、歩行速度と歩幅で条件が決定できるため、出力される波形の各部位にかかる衣服圧すなわち平均値と振幅が分かれば、動的な衣服圧表示が可能となる。さらに、各部位の「最大値 - 平均値」と「平均値 - 最小値」の振幅を算出したところ、ほぼ同様な衣服圧となることが分かった。

2. 3. 1 製品の衣服圧変化にともなう衣服圧測定

柔らかダミーの条件を膝間隔 120mm、歩行速度 50 歩 / 分とし、弱圧製品と強圧製品の動的衣

服圧を図 9 に示す。転子点を除き硬質ダミー立位静止時、柔らかダミー立位静止時、柔らかダミー前後開脚時については、強圧製品の方が弱圧製品よりも各部位の衣服圧が高くなっている。しかし、動作を伴った衣服圧の場合は、弱圧製品の衣服圧と強圧製品の衣服圧を比較すると、臀部最突点で 20.7 hPa と 14.4 hPa、大腿最大前点で 21.5 hPa と 15.1 hPa などとなり、弱圧製品の衣服圧が強圧製品より高くなった。ただし、腸骨稜と鼠蹊部は、強圧製品の衣服圧が高くなっている。このように製品の構成条件によって人体に及ぼす衣服圧が変化することから、製品を開発する際は、着用時の衣服圧を吟味して製品開発する必要がある。また、衣服圧の変動幅は、臀部最突点、臀溝部、大腿最大囲前点、大腿最大囲内側点、強圧製品が大きな変化を示すが、腹部最突点、腸骨稜、転子点、大腿最大囲外側点、大腿最大囲後点は、弱圧製品が大きな変化を示した。以上のことから、製品の

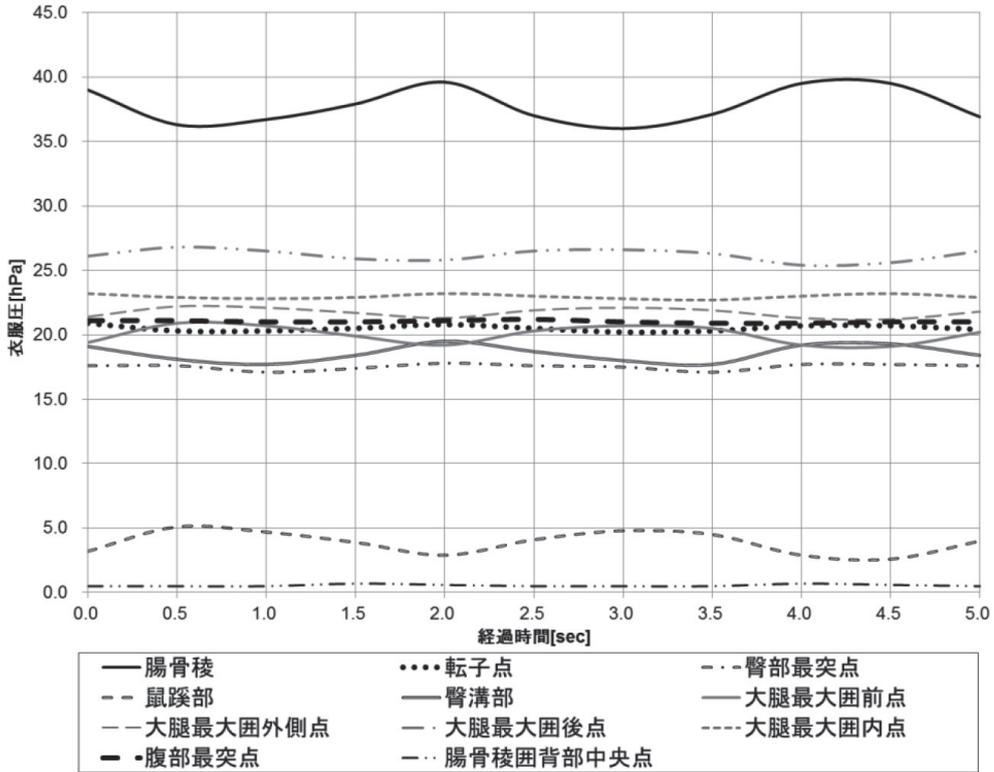


図7 歩行時の時間に伴う衣服圧の変化の一例 (5秒間)

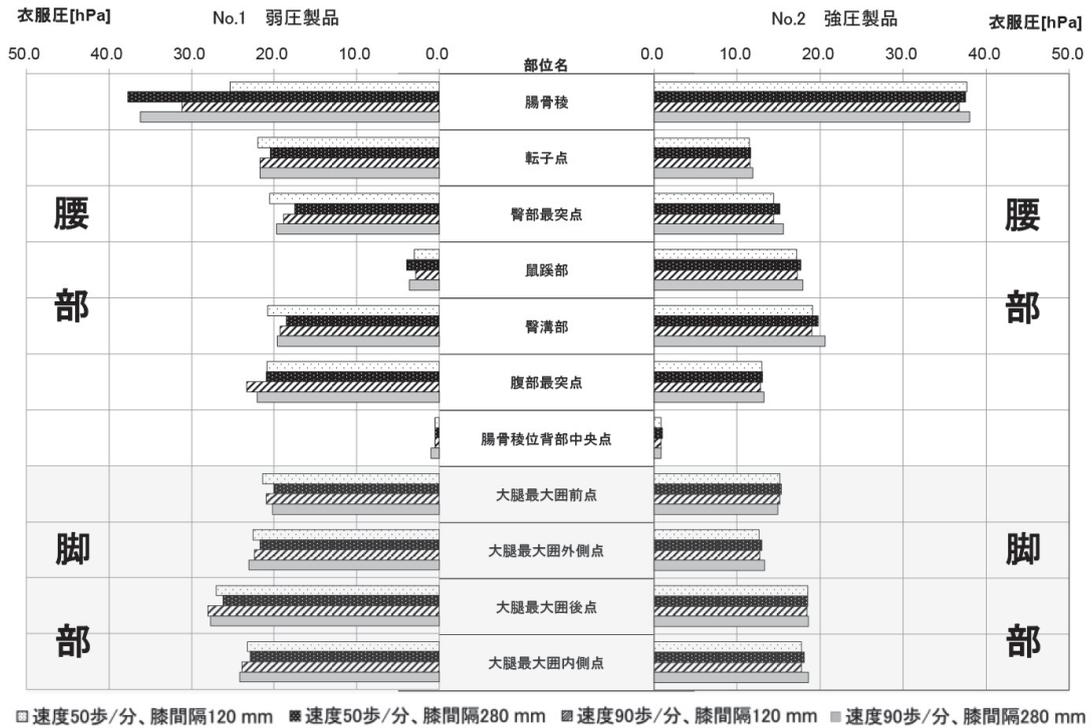


図8 動作時の腰部及び脚部の平均値 (N = 3)

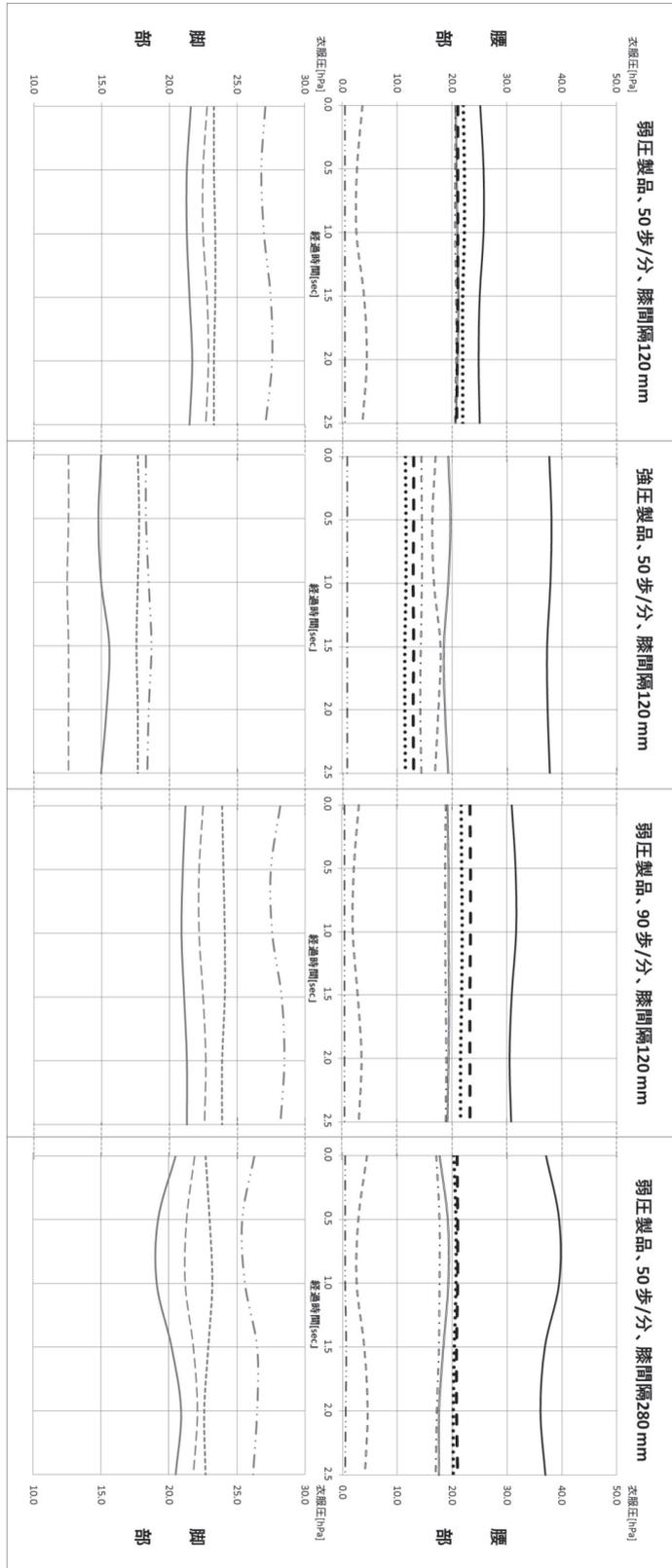


図 9 動的衣服圧結果

動的衣服圧変化は、製品を構成するパターン、生地
の伸縮性等の製品側の要因と、着用する人体の
形状、柔らかさ等と、柔らかダミーの前後動作時
の力の作用によって決定される。ガードルの一
多要因が複雑に作用する動的な力関係を製品評
価実験できるのが本装置の特徴である。

2. 3. 2 速度変化にともなう衣服圧測定

歩行速度が変化することで、腰部及び脚部の衣
服圧も変化する。弱圧製品を着用した状態で、柔
らかダミーの条件を膝間隔 120mm に固定し、歩
行速度を 50 歩/分と 90 歩/分の 2 水準として、2.5
秒間動作させた場合の腰部及び脚部の衣服圧変化
を図 9 に示す。

弱圧製品の歩行速度を 50 歩/分から 90 歩/分
に変化した場合、腰部の平均衣服圧は、腸骨稜の
5.8 hPa、腹部最突点の 2.3 hPa と上昇するが、転
子点、鼠蹊部では大きな変化は見られない。逆に、
歩行速度を速くした場合、臀部最突点の 1.8 hPa、
臀溝部の 1.6 hPa と衣服圧が下降している。脚部
においては、50 歩/分から 90 歩/分に変化した
場合、大腿最大囲後点の 0.9 hPa、大腿最大囲内
側点の 0.7 hPa と衣服圧の平均値は高くなり、大
腿最大囲前点の 0.3 hPa、大腿最大囲外側点の 0.2
hPa と低くなっている。また、衣服圧の振幅（最
大値-最小値）は、腸骨稜、腹部最突点、大腿最
大囲後点、大腿最大囲内点で、歩行速度 90 歩/
分における振幅が大きくなっている。

一般的に、同一圧力製品の場合、歩行速度が速
くなれば、平均衣服圧は高く、振幅は大きくな
ると考えられる。実際の柔らかダミーを用いた評価
実験では、腸骨稜、大腿最大囲後点、大腿最大囲
内点ではこの傾向がみられたが、転子点、臀部最
突点等の他の部位では歩行速度を速くすると衣服
圧平均値が低くなる傾向となった。このような衣
服圧変化の事実関係も柔らかダミーを用いた製品
評価実験によって明確な傾向が把握できるよう
になった。

2. 3. 3 歩幅（膝間隔）変化にともなう衣服 圧測定

歩幅が変化することで腰部及び脚部の衣服圧も
変化する。柔らかダミーの条件を歩行速度 50 歩
/分に固定し、膝間隔を 120mm と 280mm の 2 水
準変化させ、弱圧製品を着用した状態で 2.5 秒間
動作させた場合の腰部及び脚部の衣服圧変化を図
9 に示す。

歩幅の変化を大きくすると、腰部及び脚部の動
的な衣服圧変動に大きく影響する。特に、腰部の
場合、腸骨稜に対して平均値で 25.3 hPa から 37.7
hPa になり、変動幅が 0.9 hPa から 3.4 hPa となっ
ている。脚部では図 9 のように、平均値は変わ
らないが、変動幅が大きく影響する。このことか
ら、膝間隔を変化することは、鼠蹊部を除く他の
部位の衣服圧変動幅に大きな影響があると考えら
れる。

3. まとめ

柔らかダミーと 2 種の圧力設定のガードルを用
いて、腰部及び脚部の主要な部位の衣服圧を測定
した。その結果、動作することで静止時とは異な
る様々な衣服圧の変化や表示するための課題など
の知見が得られた。以下にまとめを示す。

(1) 立位静止時の硬質ダミーと柔らかダミーを
比較すると、弱圧製品や強圧製品の違いに対応す
る衣服圧を示しながら、柔らかダミーは硬質ダ
ミーより低い衣服圧を示した。柔らかダミーの腰
部では、骨格や硬い筋肉のある腸骨稜に高い衣服
圧が加わるが、他の部位は硬質ダミーと比較して、
約半分程度の衣服圧となった。

(2) 前後開脚静止時の柔らかダミーの衣服圧は、
立位静止時の各部位の衣服圧とほぼ同様な傾向で
あった。特に大きく変化する部位は鼠蹊部である。
鼠蹊部における衣服圧は、弱圧製品では膝間隔
120mm の場合、左脚前で 9.6hPa、左脚後で 1.1hPa、
膝間隔 280mm の場合、左脚前で 16.0hPa、左脚

後で 1.1hPa, 強圧製品では膝間隔 120mm の場合, 左脚前で 19.2hPa, 左脚後で 14.8hPa, 膝間隔 280mm の場合, 左脚前で 21.6hPa, 左脚後で 10.3hPa となった。

(3) 柔らかダミーの動作時の可動限界条件は, 歩行速度: 90 歩 / 分と膝間隔: 280 mm である。柔らかダミーの衣服圧は, 歩行動作の前後動による運動範囲と製品の構成条件によって, 動作時の連続した衣服圧の高低変化が発生する。この変化する衣服圧は, 衣服圧のレベルを表す平均衣服圧と衣服圧の高低変化である衣服圧の振幅によって表すことができる。

弱圧製品と強圧製品を評価したところ, 静的に測定した衣服圧では強圧製品の方が強い衣服圧が掛かっていたが, 動的な衣服圧の環境下では, 弱圧製品は弱い衣服圧が掛かり, 強圧製品は強い衣服圧が掛かるとは言えない。

このように柔らかダミーにおける衣服圧評価では, 製品の衣服圧設計の違いや柔らかダミーの動作条件を使用して衣服圧の動的な衣服圧が評価できることが分かった。

本報告では, 柔らかダミーの測定法を確立するために, その性能について静的データ及び動的データを測定した。その結果, 衣服圧を謳う製品

評価では, 着用して製品の動的評価を行うことで, 衣服設計時に狙った効果を有しているかなどの詳細なデータを取得でき, 製品設計に役立てることができる。今後, 柔らかダミーの不確定さについても検証し, 人体測定に近い衣服圧測定法を確立したいと考える。

謝 辞

本研究に対して助成を賜りました, 公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団へ厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 菅谷絃子, 岩崎謙次: 衣服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, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 7, pp.58-61 (2012)
- 2) 菅谷絃子, 岩崎謙次: 衣服評価用の歩行動作ダミーの開発 第 2 報 歩行動作装置の開発, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 7, pp.62-65 (2012)
- 3) 菅谷絃子, 岩崎謙次: 「人体模型, 衣服圧測定装置および衣服圧測定方法」, 特開 2013-032601号
- 4) 菅谷絃子, 岩崎謙次, 山田巧: ストレッチ繊維製品の衣服圧測定方法の確立, 東京都立産業技術研究センター研究報告, 5, pp.136-137(2010)