

論文

衣服圧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

菅谷 紘子*¹⁾ 岩崎 謙次*¹⁾Development of an ambulation dummy for evaluation of clothing pressure
(Part 2) -Development of an ambulation deviceHiroko Sugatani*¹⁾, Kenji Iwasaki*¹⁾

In clothing design, even though evaluations that consider various operations is very important, no equipment was available to evaluate clothing pressure while walking. In particular, compression clothing for sport which is advertised as “clothing pressure”.

The second report shoes the development of an ambulation device using the soft dummy. During development, walking gait characteristics, including walking speed, stride length, and knee joints locus will be used to replicate human locomotion.

As a result, the ambulation dummy can be used to measure clothing pressure. There is a difference in the measured value level, but it is similar to the changes in the measured value.

We recommend the method as a standard device for evaluation of clothing pressure.

キーワード：衣服圧，歩行動作，歩行装置，歩行動作型柔らかダミー

Keywords：Clothing pressure, Walking, Ambulation device, Ambulation soft dummy

1. はじめに

現在「着圧」効果による運動機能サポートウェアなどが多数販売されており，これらは圧的快適性の指標の一つである衣服圧による着圧効果の検証や製品評価が求められている。これらの製品設計時には，人体の動作快適性を考慮することが重要である。

しかし被験者実験以外で人体モデル等に着衣させた状態で，動作するときの衣服圧の評価装置は存在していない。

そこで本研究では，第1報で開発した柔らかダミーを用い，歩行動作に着目した動作装置を開発することとした。これにより，これまで評価することが難しかった連続動作時における衣服圧測定を可能にする。

2. 動作装置の開発

2.1 人体の歩行動作について 歩行動作とは，両足を同時に地面から離さない移動法と定義されている。この歩行動作を構成する要素に，歩行速度と歩幅があげられる。人体の歩行動作を把握するために，40～50代の健康な女子8名を被験者として，歩行運動実験を行った。実験風景を図1に示す。



図1. 被験者実験風景

被験者実験では，歩行速度と歩幅を測定した。結果は被験者間にばらつきは少なく，歩行速度と歩幅については，個人差があまりないことが確認できた。ダミー動作装置の開発にあたり，被験者実験により得られた結果から歩行動作を構成する要因を以下のように分類した。

【歩行速度】

被験者実験の結果より、歩行速度は 1.4m/sec の結果を得ることができた。また、一般的にも 40 代女子の平均歩行速度は約 1.2m/sec であることがわかっており⁽¹⁾⁽²⁾、動作装置ではこれらの歩行速度を再現することとした。

【歩幅】

歩幅は、右または左足の踵が地面についてから逆の左または右の踵が地面に着くまでの距離と定義される⁽¹⁾。被験者実験の結果より、40 代女子の平均歩幅は約 600mm と得られた。また、ここから、膝関節の動作幅を計算したところ、約 300mm であった。

【歩行時の膝部分の軌道】

歩行軌道については、独立行政法人産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター所有の平均歩行データから、歩行軌道を算出した。

得られた膝関節、足首関節の歩行時の軌道を図 2 に示す。図の左が進行方向で、 $(x, y) = (0, 0)$ の座標位置が股関節である。この軌道は下肢長及び大腿長の平均長さを基に、膝関節、足首関節の x, y 座標の変化量を算出し、プロットしたものである。柔らかダミーの駆動部にあたる膝関節は、歩行動作では円弧の軌道を描くことが確認できた。

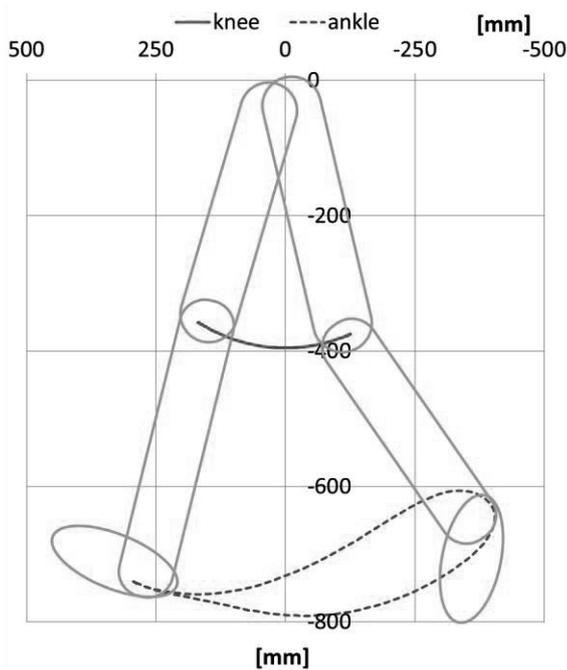


図 2. 膝関節、足首関節の歩行時の軌道

2.2 動作装置の仕様 動作装置は、歩行速度と歩行幅を可変とし、被験者実験の結果を再現できるようにした。柔らかダミーの膝部分の可動幅は 5~380mm とし、歩行速度の可動範囲は 0.01m/sec~2.5m/sec である。柔らかダミーの膝部分の可動部は、歩行時の膝関節の円弧運動を再現するために、スライダに膝関節部分が上下動をする仕様とした。柔らかダミーを動作装置へ取り付けたものを図 3 に示す（以下、動作ダミーとする）。



図 3. 動作装置内へ着衣した柔らかダミーを取り付けた状態（動作ダミー）

3. 動作時の衣服圧測定

3.1 実験方法 動作ダミー評価のため、被験者と動作ダミーの歩行動作時の衣服圧の比較を行った。

衣服圧の測定は、エアパック方式を採用した。動作時の衣服圧の測定間隔は衣服圧測定装置（株式会社エイムアイ・テクノ、AMI-3037）の最小単位の 0.1sec とした。

衣服圧測定の供試衣服には、第 1 報で使用した、市販の女性用ガードルから 1 種類（以下、弱圧設計ガードルとする）を用いた。

測定対象には、40 代~50 代の健康な 11 号サイズ女性 2 名及び 20 代の健康な 9 号サイズ女子 15 名とした。

歩行速度条件は被験者実験では歩行速度は約 1.4m/sec とし、エルゴメータを用い、歩行運動を行った。動作ダミーでは、膝部分の可動幅を 280mm とし、速度設定は約 1.4m/sec で実施した。

衣服圧測定部位は、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。

3.2 被験者による歩行時の衣服圧測定結果 被験者実験では被験者の個人差による誤差が問題となることが多く、特に実験が複雑になるほど、個人差による誤差が大きくなる。本論での実験は、静止時ではなく、歩行動作時の測定を実施しており、静止時の測定に比べ複雑である。

誤差の要因として、被験者実験では、被験者の体型、センサの取り付け部位の個人差、供試衣服着用方法の個人差、歩行時の癖（足を引きずる歩き方や、歩幅の違いなど）などがあげられる。

衣服圧を測定すると、図 4 のような結果を得られる。図 4

は中年女性被験者 2 名の平均値をとったもので、右足（または左足）が前に出ている状態から逆の左足（または右足）が前に出て（1 歩目）、右足（または左足）が前に出て（2 歩目）、左足（または右足）が前に出て（3 歩目）、右足（または左足）がつく（4 歩目）までのデータである。このデータを以下、「歩行 2 ターム分」とする。

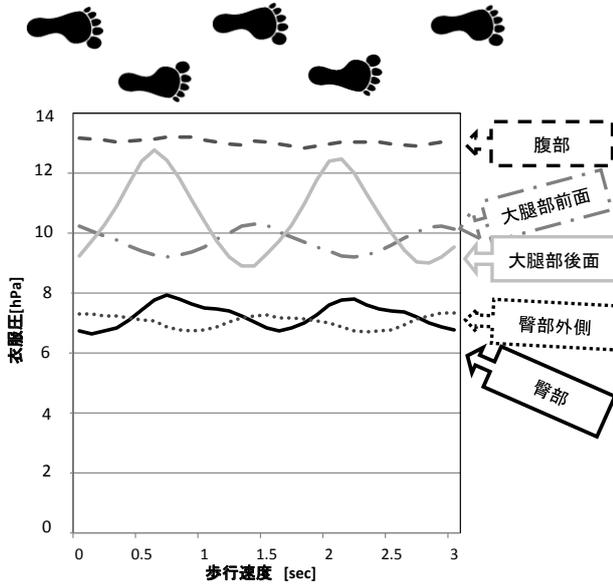


図 4. 中年女性被験者の測定結果

図から、歩行動作中に、変動幅の大小はあるが、圧力が大きくかかる部位、かからない部位があり、各部位で測定値が変動することが確認できる。このうち、各部位の変動幅の特徴として、腹部の変動幅は小さく、大腿部後面、臀部の測定値の変動幅は大きい。

次に特徴的な部位として、腹部と大腿部後面を比較した結果を図 5 に示す。図 5 は 20 代女性被験者 15 名の弱圧設計ガードル着用時の腹部と大腿部後面の、歩行 2 ターム分の測定値をプロットしたものである。x 軸に各被験者をプロットしており、中心の部分が歩行 2 ターム分の平均値を示し、最大値と最小値の幅を示した結果である。腹部は被験者にもよるが、変動幅が小さいことがわかる。一方、大腿部後面は腹部に比べると変動幅が大きく、各被験者とも変動幅が大き部位と言える。

図 6 に、弱圧設計ガードル着用時の特徴的な 20 代女性被験者 5 名の大腿部後面の 2 ターム分のデータを示す。被験者実験では、エルゴメータを使用したため、速度 (m/sec) は一定と言える。しかし、結果から歩行 2 タームを 2.2 秒で歩行する被験者もいれば、3.9 秒で歩行する被験者もおり、歩行時の位相に差が大きいことがわかった。15 名の被験者の平均値はこのとき 3.0 であり、標準偏差は 0.4 秒であった。

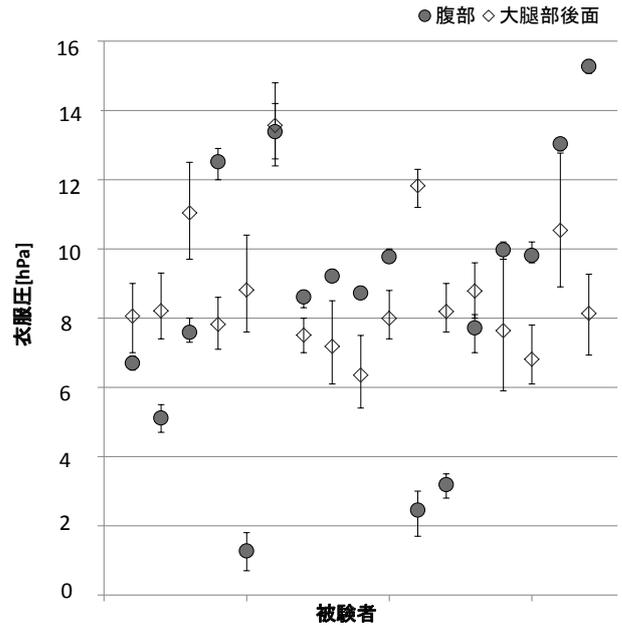


図 5. 全被験者の腹部、大腿部後面の測定値とその変動幅

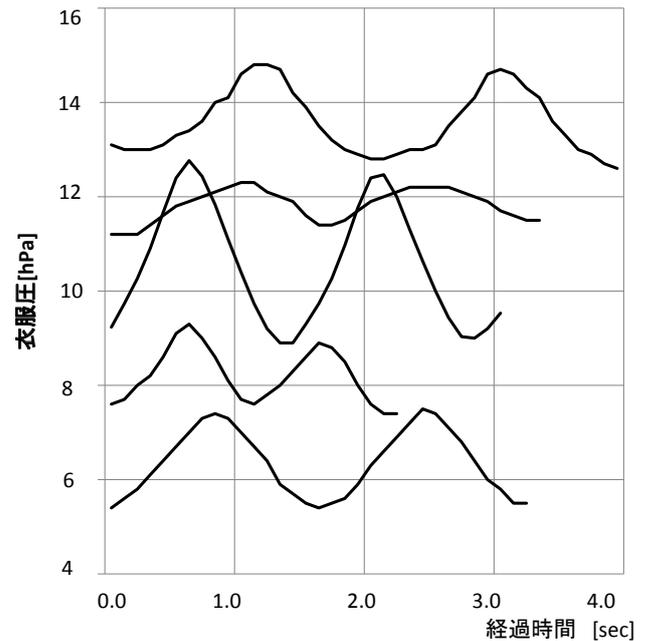


図 6. 特徴的な歩行をする被験者 5 名の 大腿後面測定結果からみる位相の違い

この位相の差は、被験者の歩行の癖に起因していると考えられ、小股で歩行する被験者は位相速度が速く、大股で歩行する被験者は位相速度が遅く測定されるためである。

以上により、被験者による歩行時の衣服圧測定結果は、個人差はあり、平均化することが難しいが、各部位に特徴のある変動がみられることがわかった。また、逆に歩行時の衣服圧を測定しその位相を確認することで、被験者の歩行の特徴を捉えることも可能であることが示唆された。

3.3 動作ダミーによる歩行動作時の衣服圧測定結果

動作ダミーの動作風景を図7に、動作ダミーを用いた衣服圧測定結果を図8に示す。



図7. 動作ダミーの動作風景

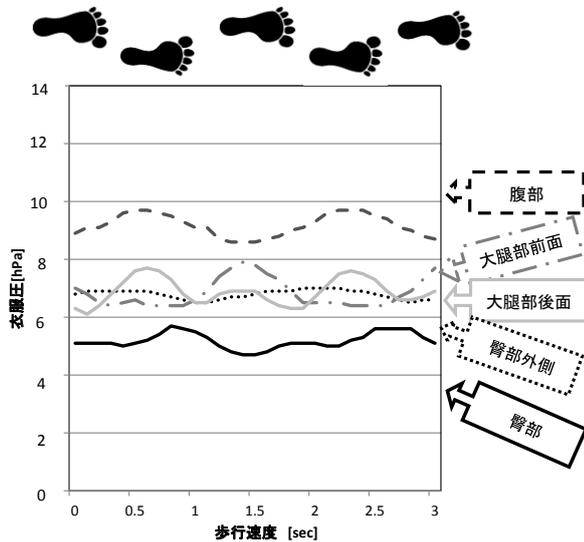


図8. 動作ダミーによる衣服圧測定結果

図4の被験者の結果と比較すると、腹部は、被験者では測定値の変動幅が小さい部位としてあげたが、動作ダミーの結果では変動がみられた。これは、人体の動作は筋肉により制御されることや、人体とダミーの構造の違いによるものと考えられる。

図9に特徴的な2部位について、実線で被験者の結果、破線で動作ダミーの結果を示す。各部位とも、動作に伴う衣服圧の変化の傾向が近似していることが確認できた。このことから、動作ダミーを用いることで被験者実験を行わずとも、歩行動作時の衣服圧測定が可能であると言える。大腿部後面の動作ダミーの測定結果を見ると、被験者実験ではとらえることが難しい、衣服圧の変動も確認できることが示唆されたと言える。

これらの被験者との違いは、被験者実験で危惧される各種の誤差の影響が、動作ダミーを用いることで、緩和されたと考えることができる。特に動作ダミーでは供試衣服を理想的に着用させることができ、被験者実験と比較すると、動作ダミーによる測定は、より再現性のあるデータが得られると考える。

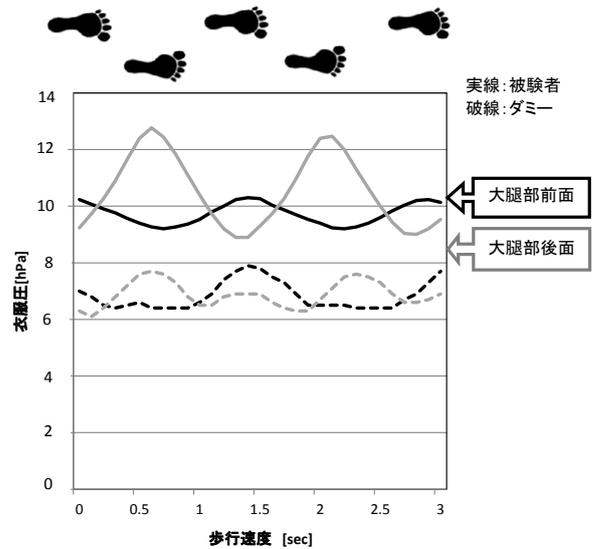


図9. 動作ダミーと被験者の衣服圧測定結果の比較

4. まとめ

動作時の衣服圧測定値の平均化は被験者実験では個人差が大きく難しいことがわかった。動作ダミーを用いることで、動作することによる各部位の衣服圧の変化をとらえられることが確認できた。本ダミーを用いることで、常に一定の条件、一定の動作による測定が可能となる。

被験者の結果と比較すると、測定値レベルは各部位でやや低めであるが、測定値の位相は近似している。今後標準測定装置として位置付けられるよう、データの蓄積を行い、被験者の結果との比較も詳細に行う予定である。

そのうえで、平均化の難しい被験者実験によらないモデル実験用の標準測定装置⁽⁵⁾として提案していきたい。

また、人が生活し、活動する上での他の動作にも対応できるように評価装置の開発等へもつなげていきたい。

謝辞

本研究で用いた歩行軌道の算出にあたり平均歩行データの提供とアドバイスをいただいた独立行政法人産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センターセンター長持丸正明氏、上席研究員河内まき子氏、技術研究員青木慶氏に感謝申し上げます。

(平成24年5月18日受付, 平成24年8月3日再受付)

文 献

- (1) 日本生理人類学会計測研究部会 編：「人間科学計測ハンドブック」, pp.49-67 (1996)
- (2) 独立行政法人産業技術総合研究所人間福祉工学研究部門 編：「人間計測ハンドブック」, pp.249-256 (2003)
- (3) 石川励造, 北田聡雄, 小池美枝子, 南日朋子, 安盛都子, 山川勝：「アパレル設計・生産論」, pp.39-47 (2000)
- (4) 清水 裕子, 戸塚 歌子, 清水 義雄：「動作時のスラックスの被服圧変化 第1報 被服圧分布の動的測定」, 繊維学会誌 Vol.44, No.10, pp.72-80 (1988)
- (5) 菅谷紘子, 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」, 特願 2012-154100 号