

氏名	稲岡千秋					
学位の種類	博士(保健学)					
学位記番号	甲第57号					
学位授与の日付	2020年3月17日					
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当					
学位論文題目	靴型設計時における足高・足囲高基準値表作成のための基礎的研究					
論文審査員	主査	新潟医療福祉大学	教授	阿部	薫	
	副査	新潟医療福祉大学	教授	江原	義弘	
	副査	新潟医療福祉大学	教授	眞柄	彰	

論文内容の要旨

足と靴の適合の難しさは、靴型設計の難しさにある。靴には体重を支える固定の役割と、足全体を覆いながら靴が曲げられて推進することを同時に担い、足の延長として機能しなければならないという点にある。「靴が合わない」という現象に対し、その理由は多種多様である。それは、歩行に伴う足部寸法が常に変化していることにある。特に足幅と足高ではその変化量が大きく、履き心地においてボール部、甲部、踵部は足靴トラブルにおける好発部位である。ボール部はJIS規格によって足長、足囲、足幅で規定され、主に前足部の靴選び基準として広く活用されている。また後足部についてはJIS規格と連動した踵幅基準値表が2013年に発表され、踵の細い女性のための靴型設計に貢献している。

しかし、甲部に関する足部愁訴は多いにも関わらず中足部の基準はない。JIS規格を頼りにサイズ・ウィズに合わせて靴を着用したとしても、足部構造が荷重によって変化し、履き心地が損なわれることは、経験的に誰もが知るところである。それは靴を量産するために、マスターとなる靴サイズの型を決定し、他サイズは相似的拡大縮小(グレーディング)によって靴型が決定されていることにある。中間サイズによるマスター靴型の単純なグレーディングは、必然的に最小・最大サイズの信頼性が低下するため、他サイズと履き心地は大きく異なる。

より適合率を高めるためには、前足部・後足部だけではなく高径基準も必要である。しかし足高・足囲高は軟部組織の割合が大きく、単にこれらの周径のみでは靴型のフォルムを決定できない。そこで本研究では、靴型設計時における中足部の高さ要素に関する基準値表作成のための基礎的研究として、足高、足囲高とJIS規格に準じた足部計測箇所との関係性を明らかにすることを目的とした。

被験者は健常成人女性47名94足とし、三次元足型自動計測器で足長、足囲、足

幅、足高、足囲高、踵幅、踵骨角度、外踏まず長、内踏まず長、舟状骨高を計測した。統計はスピアマン順位相関分析を用いて、足高、足囲高と、JIS規格に準じた足部計測箇所との関係性を検討した。

主な計測箇所の平均は、足高 $52.6 \pm 4.4\text{mm}$ 、足囲高 $41.7 \pm 3.4\text{mm}$ 、足長 $232.4 \pm 9.1\text{mm}$ 、足囲 $225.4 \pm 11.6\text{mm}$ 、舟状骨高 $37.4 \pm 5.9\text{mm}$ であった。スピアマン順位相関分析を用いて、足高、足囲高と、JIS規格に準じた足部計測箇所と検討した。足高・足囲間については、 $r_s=0.71$ の強い相関関係が認められ、回帰式は、足高 $=0.28$ 足囲 $+10.50$ であった。足高・舟状骨間については、 $r_s=0.77$ の強い相関関係が認められ、回帰式は足高 $=0.62$ 舟状骨高 $+29.63$ であった。

足囲はMP関節の周径である。足高・足囲間に正の相関が認められたのは、立位時に中足骨頭列は平坦な一列となり、骨格による横アーチの高低程度の比には差がないとは言え、その他に足囲に影響を及ぼす要素は足底の軟部組織厚であると考えられた。足囲の変化要因には皮下脂肪などの表層軟部組織の弾性と、骨格靭帯系の構造的柔軟性の2つがある。靴の拘束力が小さい範囲は表層、大きい範囲では構造の変形特性を示す。そのため裸足では表層の軟部組織の弾性に影響されると推察した。内側・中間楔状骨の接合部である足高の計測部位の軟部組織は薄く、被験者間の差異は少ない。よって、足高・舟状骨高間に正の相関が認められたのは、直下の接地面で高さ成分を左右するのは足底部の軟部組織厚である。足底部で主として荷重を受けるのは踵部・母趾球部・小趾球部の3カ所である。これらの集中した圧力をより広い部位に分散させるために、足底には厚さ最大2cmまでの皮下結合組織層で覆われている。皮下結合組織は蜂巢状の脂肪組織からなり、衝撃吸収に働くとともに足底の力学的安定性を増強する。一方、足背部にはこれらの機能は不要であり軟部組織層は薄くなっているため、足底部の軟部組織厚の影響が大きいと推察した。足高・舟状骨高間については、足高計測点である楔状骨と隣り合うため、これらの相関は高いはずであり、被験者は健常足であることから骨格の差異よりも、骨形態のわずかの差が相関係数に影響していると推察した。

また裸足に比べ、靴着用時の方が中足部は回外する。これは距骨下関節で起こっており、足高、舟状骨高にも影響すると考えられる。さらに歩行周期において、足高は立脚中期で最小、つま先離地後で最大となる。変化量は15%と大きく個体差も大きい。しかし既製靴における殺し寸法は一定であるため、足の前後、左右、上下からのベストな締め付け感には床までの高径基準が必要であると考えられた。

本研究では、靴型設計時における中足部の高さ要素に関する基準値表作成のための基礎的研究として、足高、足囲高とJIS規格による足型計測箇所との関係性を検討した。結果、足囲・足高・舟状骨高の3要素2組の相関係数を総合的に勘案すれば、骨格だけではなく足底の軟部組織量が足背のフォルムを決定する大きな要素であると考えられた。

キーワード：靴型設計. 足高. 足囲高

論文審査結果の要旨

本論文は、靴型設計時における中足部の高さ要素に関する基準値表作成のため、足高、足囲高と日本工業規格(JIS)規格に準じた足部計測箇所との関係性を明らかにした研究である。

本来、足部は履物なしに立位を保持し歩行できるように構成されているが、長時間の立位や長距離の歩行には靴が常用されており、もはや現代人にとっての地面は靴の中と言える。したがって足部と靴の関係性は非常に密接であり、これらは一つの機能体として働く。服飾品などヒトが身に着けるものの中で、ミリピッチの精度が要求されるものは靴だけであり、人間工学の中でも困難な部類である。機能的には生体が発する歩行推進力を効率よく地面に伝達する道具であり、足部の機能を最大限に引き出すことが求められる。

足部のそのままの形状になっている靴はなく、その多くは工業製品として洗練された形状になっている。これは美的外観の問題だけではなく、足部の実寸で製作した靴を履くと内部での固定性が弱く歩きづらいためである。つまり実寸よりも縮小した寸法で製作すると、足部と靴内部に適切な摩擦力を生じさせて一体化し、歩行推進力をロスなく地面へ伝達することができる。足部は凹凸がある不整路面に適合して歩行するために、多くの小関節によって複雑な変形を呈して歩行するようになっている。しかし靴歩行では靴底がこの不整路面とのコンタクトを担当するため、むしろ足部の変形特性が歩行推進力のロスとなってしまう。このため足部に適切な圧迫力を加えて足部の剛性を高めることが必要であることも、縮小寸法で設計される理由となっている。わが国の既成靴は一般歩行用の靴サイズとして、日本工業規格(JIS S 5037:1998)で足長・足囲・足幅が定義されているが、これらの基準だけでは足と靴の適合性は低いのが現状である。

そこで本研究は高径寸法に着目し、靴型設計時における中足部の高さ要素に関する基準値表作成のため、足高、足囲高と JIS 規格に準じた足部計測箇所との関係性を明らかにすることを目的とした。

本研究の独創性は、足高・足囲間および足高・舟状骨間の相関関係に着目した点である。

健常成人女性 47 名 94 足を対象とし、三次元足型自動計測器で足長、足囲、足幅、足高、足囲高、踵幅、踵骨角度、外踏まず長、内踏まず長、舟状骨高を計測し、足

高，足囲高と，JIS 規格に準じた足部計測箇所との関係性を検討した。

足高・足囲間には $rs=0.71$ の強い相関関係が認められ，回帰式は，足高 $=0.28$ 足囲 $+10.50$ であった。足高・舟状骨間には $rs=0.77$ の強い相関関係が認められ，回帰式は，足高 $=0.62$ 舟状骨高 $+29.63$ であった。

本研究の評価される点は，足高・足囲間および足高・舟状骨間に強い相関関係が認められ，同時に実用性の高い回帰式が得られ，これを靴型設計に応用すれば精度の高い適合状態が得られる可能性が高まることである。

足長寸法と靴寸法は異なっている。靴サイズは JIS 規格に足長・足囲・足幅が規定されているが，これに加えて靴型の設計では，少なくともボールガース，ウェストガース，インステップガース，ヒールガースなどの寸法が必要である。しかもガース(周径)が同じであっても，形状が異なれば全く違う靴になるため，3 次元的な要素も必要となるため，足高と他の計測箇所との相関関係が明らかになれば，より精度の高い適合が実現できる靴型設計が可能となる。本研究ではその回帰式が得られたことも評価される。

今後の研究展開の中で取り組まれるべき課題として，本研究の成果を靴型設計に反映させた靴を製作し，その適合性の評価を行い，さらに影響因子を精査して，靴適合の現場において応用展開されることである。

以上のことから，審査委員会は本論文を博士論文に相応しいと認める。