

論文審査の結果の要旨

氏名：壽 里 伸 一

専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：非接触式可搬型人体測定器の開発と応用

審査委員：（主査）教授 青木和夫

（副査）教授 城内博 教授 町田信夫

人体の寸法の測定は、人間の発育の評価、衣服のデザイン、人間の使う道具や機械の設計などを行う上で不可欠である。この測定のための道具として、人類学分野で人骨の測定を行うために開発されたマルチン式測定器が用いられてきており、人体測定の基準的な方法となってきた。このマルチン式測定器はノギスの原理を用いて人体の2点間の距離を測定するものであり、人体に接触させて測定を行う必要がある。そのため、測定対象者は立位または座位で特定の姿勢を保持したまま測定を行う必要があり、標準的な測定の方法が定められている。しかし、障害者の中には自由に姿勢が取れないために、車いすや作業台の設計などに必要な人体測定ができない者も多い。このような姿勢に制限のある障害者の人体測定を行うためには、測定点から離れた状態でも測定が行えるような非接触式の測定法が必要とされる。

一方、近年の画像処理技術の進歩により、撮影された三次元画像をもとに人体各部の寸法を測定する方法が開発され、非接触で測定が行われるようになってきた。しかし、三次元画像による測定のためには大型の三次元撮影装置が必要であり、測定対象者の生活空間で測定することは困難である。また装置が高価であることも普及が限られている理由の一つである。さらに、自由に姿勢を変えられない障害者の場合には、撮影できない部位も出てくるため、この装置で測定することは困難である。

そこで、申請者は測定対象者が様々な姿勢をとったり、寝たままであったりしても測定ができ、かつ持ち運びが容易な人体測定器を開発することを目的として非接触式人体測定器の開発を行った。申請者は光学式点測定法の原理を用いて非接触式で測定することができれば、自由な姿勢のまま人体の寸法が測定できると考え、測定点にレーザー光を照射して2点間の距離及び関節角度を測定する方法を考案した。開発した非接触式測定器はレーザー光を用いて測定点を決定する方式で、2点間の距離の測定用と、関節角度の測定用である。

本論文は5章で構成されている。

第1章は序章であり、本研究で用いる測定に関する用語の定義、研究の目的と測定の対象について述べている。

第2章では測定原理と測定器の種類について述べている。まず測定の再現性を実現するために、人体上の測定点を正確に決定する方法について検討を行った。非接触式測定法では接触式の場合のように突起点などの測定点を触診によって決定することができないため、視覚的に測定点を決定する方法として、外観の幾何学的特徴による21種類の測定点を提案した。また、角度の測定の場合については、接触式で用いられている関節点の代わりに屈曲点を用いて非接触式の測定点とした。次に測定の原理として、レーザー光のスポットの位置の測定法と、2つのスポット光間の距離の測定法と角度の測定法について述べている。申請者はこの測定原理を用いて、人体の2点間の距離の測定器2種と、関節角の測定器1種を開発した。さらに、これらの非接触式測定器と接触式測定器の測定上の特性の比較検討を行うとともに、人体測定に必要な精度について検討を行った。その結果、人体測定に必要な精度として、距離では1mm、角度では1°の精度で十分であるとの結論を得ている。

第3章では、開発した非接触式測定器を用いて実際に2点間の距離の測定を行うとともに、接触式測定器による測定も同時に行い、測定値の比較検討を行った。測定対象は骨格模型、マネキン、人体の3種類とした。骨格模型の測定は、従来より接触式測定器で測定されてきた人体の骨格測定について、非接触式

測定器による測定が可能であるかどうかを検討するためのものであり、測定値はほぼ一致するという結果が得られた。マネキンの測定は、人体が様々な姿勢をとった場合の測定を模したもので、今回は障害者の姿勢を模した姿勢をとった場合の測定を行った。マネキンに7か所の測定点を定め、これらのうちの2点間の距離を非接触式と接触式の測定器によって測定した。これらの測定では、マネキンの内部を通過する直線の距離を測定するものも含まれており、接触式測定器と非接触式測定器の測定値の差は骨格模型の場合よりも大きかった。人体の測定では、成人10人（男性5人、女性5人）の測定を行った。測定は14項目について非接触式と接触式測定器を用いて行った。その結果、測定部位によって2つの測定法の一致の程度が異なっていた。測定値の一致していた部位は身長など測定点が明確な部位であり、測定値にばらつきが多かった部位は座位時の臀一腹厚や臀幅など、接触式では測定器を接触させるのが困難であったり、測定点を決定することが困難であった部位であった。

このように、非接触式測定器による測定値は従来の接触式の測定器による測定値と異なる場合があること、さらに、接触式では測定が困難である部位の測定も可能になることから、非接触式による新たな測定方法の体系化が必要であるとしている。

第4章は関節角と関節可動域の測定について述べている。前章の距離の測定と同じように、非接触式と接触式の測定器を用いて角度の測定を行ったが、接触式では測定できない部位があり、非接触式のみでの測定となる部位もあった。測定対象は骨格模型、マネキン、人体の3種類とした。骨格模型の測定では、等身大の人体骨格模型の上肢と下肢の部分を取り外し、肘関節角と膝関節角を測定した。測定結果は接触式に比べて非接触式のほうが角度がやや大きくなる傾向がみられた。マネキンの測定は、障害者の姿勢を模して首を前傾し、肘関節、股関節、膝関節をそれぞれ屈曲した状態で、測定点にマーカーをつけて行った。この姿勢では接触式の角度計では測定ができなかったため、非接触式測定器のみで測定を行った。マネキンの部位空間内の角度を測定することは、2本の線分で挟まれた角度を測定することになるが、接触式測定法ではその線分を含む三角形の平面を空中で固定することができないというのがその理由である。生体の測定では、頸部の前後屈は接触式では測定できなかった。一方、非接触式では外見から測定点を決定できない点があったため、近傍の測定点を用いることによって測定を行う場合があった。

このように、関節角と関節可動域の測定では、測定対象が自由な姿勢をとった場合に接触式では測定できない部分の角度を非接触式測定器で測定できることが明らかとなった。このことから、障害者などが測定のために必要な姿勢をとれない場合でも、開発した非接触式測定器が有用であるとしている。

第5章は総括として、測定誤差、視覚測定点、非接触式測定器の使用上の問題などについて検討を行っている。

以上のように、従来の人体測定器が立位や座位といった決められた姿勢での測定を前提に使用されていたため、寝たきりの高齢者や障害者など姿勢が自由にとれない対象者の場合は測定が困難であったことに対し、申請者は福祉工学の観点から、障害者等の使用する機器の開発のために、自由な姿勢で人体測定ができる装置を開発した。また、このような障害者は自由に移動することができないため、装置は持ち運びが容易であり、広い空間を必要としないものとした。この両方の条件を満たす装置は今までに存在しなかったが、申請者は非接触式の測定法を用いることによって、様々な姿勢の人体の測定を行うことを考案し、それを実現する測定方法を開発した。その結果、様々な姿勢の場合にも測定が可能であり、障害者などの測定にも適用可能であるとの結論を得ていることは、極めて独創的であるとともに、福祉工学領域における有用な技術を開発したと考えられる。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、またはその他の高度な専門的業務に従事するために必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成25年10月17日