

# 下肢アライメントの3次元解析に関する研究

山 崎 芳 裕\*

## Three-Dimensional Analysis of Lower Extremity Alignment

by Yoshihiro YAMAZAKI

高齢化社会の進行とともに退行性・変形性疾患は著しく増加している。整形外科の臨床においては変形性関節症が増加傾向にあり、特に膝関節で顕著である。そして歩行不全や寝たきりによるQOL(Quality of Life)の低下が社会問題となりつつある。下肢アライメントの評価すなわち大腿骨と脛骨の位置関係や骨形状を解析することは、変形性膝関節症の進行過程、膝関節スポーツ障害や膝蓋骨脱臼の病態解明、人工膝関節置換術におけるコンポーネントの至適位置の決定、高位脛骨骨切り術の骨切り角度の決定のために重要である。下肢アライメントの評価方法は、膝を中心とした下肢長尺立位正面X線撮影を用いた1方向からの単純な角度測定やCT(Computed Tomography)装置やMRI(Magnetic Resonance Imaging)装置を用いての断層面での2次元的评价方法が一般的であり、大腿骨と脛骨の骨軸中心線のなす角度である大腿脛骨角が代表的パラメータである。しかしながら、これらの方法では膝蓋骨垂脱臼を例にとってみても大腿骨前捻角、大腿骨骨幹部の回旋やたわみ、大腿骨顆部や膝関節面の捻じれ等の3次元因子が下肢アライメントの評価に及ぼす影響を無視することはできない。また、CTやMRIで得られる下肢アライメント情報は、立位ではなく臥位による撮影のため非荷重下の評価となる。

下肢アライメントを3次元的に評価するためには、整形外科に生体医用工学の一分野であるバイオメカニクスが積極的に取り入れられていることと

同様に、バイオメカニクスの手法が必須である。これまでに、医師の経験度に依存しない手術成果を目指して、コンピュータ支援による3次元下肢アライメント評価システムを開発してきた。本システムは術前計画、術中支援、術後評価の3つのモジュールからの構成を考えている。これからの整形外科における手術では、術前計画の立案と術後評価には練度を要しない高精度かつ低侵襲の診断技術が必要不可欠であり、術中支援では高精度の3次元ナビゲーションシステムが必要である。

そこで本研究では、デジタルX線画像であるCR(Computed Radiography)を用いた立位による2方向X線撮影とCTによる画像から得られた3次元骨表面形状モデルをもとに、骨に解剖学的座標系を設定し、荷重下での下肢アライメントを3次元的に評価するシステムの要素技術確立を目的として、その測定精度を評価検討するものである。

本論文の構成を以下に示す。本論文は「下肢アライメントの3次元解析に関する研究」と題して、全5章より構成されている。

第1章「緒論」では、本研究に関する社会的、医学的背景について述べるとともに、下肢アライメントに対する生体工学的アプローチについて検討し、本論文の意義と目的について述べている。

第2章「3次元下肢アライメント評価システム」では、下肢アライメントを3次元的に評価・測定するための原理および方法について述べている。本シ

\*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 新潟大学医学部保健学科

[新潟大学博士(工学) 平成17年3月23日授与]

システムは被検者を120度の開き角を持つカセット台上に立たせCRを用いて0度正面立位前後位及び60度斜角の2方向撮影を行う。このCR撮影をピンホールカメラモデルとみなし、カメラ校正法を用いて射影行列を算出し、両眼立体視法から3次元的位置関係を決定する。そして、3次元空間を構成する際の測定精度を検討することを目的として、72個の鋼球を配したキャリブレーションフレームを作製した。このキャリブレーションフレームの鋼球位置をあらかじめ3次元測定器で精密に計測し、この3次元位置と実際に撮影を行って算出した結果と比較することで、システムの実用性について考察している。

第3章「3次元下肢アライメント評価システムにおける臨床評価パラメータの検討」では、システムの臨床応用について述べている。CRに投影された大腿骨及び脛骨側に対して、大腿骨骨頭、大腿骨内外顆、脛骨顆間隆起頂点などの解剖学的特徴点の3次元位置情報を抽出して、大腿骨および脛骨側に3次元座標を設定する。そして、一般的に2次元で表現されている臨床評価パラメータを新たに3次元的に定義し直した。評価に用いた臨床評価パラメータは大腿骨彎曲度、大腿骨頸体角、大腿骨前捻角、大腿骨後顆接線角、脛骨彎曲度、脛骨後方傾斜角、脛骨後顆接線角、脛骨捻れ角である。また、3次元骨

表面形状基準モデルを作成し、変形操作によるイメージマッチング法で臨床評価パラメータを算出し検討した結果について述べている。

第4章「3次元下肢アライメント評価システムにおけるイメージマッチングの検討」では、システムの測定精度向上を目的として、新しい手法の導入を検討している。膝関節部における大腿骨顆部および脛骨顆部の骨形状は個体差が大きく、3次元骨表面形状基準モデルのイメージマッチングによる臨床評価パラメータの算出に誤差が大きくなる問題点がある。そこで、大腿骨顆部、および脛骨顆部のより詳細な形状を把握するため、被検者個々のCTデータから3次元骨表面形状モデルを作成しシステムに導入する手法について述べている。そして、従来法と被検者個々のモデルを用いて算出した臨床評価パラメータを比較検討した結果について述べている。また、新たに1台のX線管球で利用可能な回転台式撮影装置を開発し、測定精度について検討した結果を述べている。

第5章「結論」では、本論文で得られた結果を総括するとともに、将来的展望について述べている。

終わりに、指導を賜った田邊裕治教授に深甚の謝意を表します。