

## ポイントクラスタ法による膝の動作解析を支援する 3D ビュワーの作成

山本 志帆<sup>†</sup> 鈴木 昭二<sup>‡</sup>

公立はこだて未来大学<sup>†</sup> 公立はこだて未来大学<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

高齢化社会と言われる現在、膝の痛みを訴える人が増えており、また、近年のスポーツ人口の増加により膝を痛める人の数が増えることが予想される。膝の痛みの原因には、加齢に伴う膝の組織の老化、スポーツや運動による膝の使い過ぎ、日常生活における膝への負担などがある。これに対し、痛みの原因を明らかにし、診断や治療、予防に活かすため、膝の動作解析が行われている。

膝の解析方法として、X線撮影装置やCTを用いる方法がある。これらの方法は、皮膚を透過して骨を撮影できるため、皮膚の動揺による誤差なく骨同士の位置関係を詳細に解析できる。しかし、撮影中は膝を静止状態にする必要があり、動いている膝の解析はできない。一方、膝の動きは光学式モーションキャプチャにより測定可能であるが、皮膚に貼付したマーカーを測定するため、皮膚の動揺により骨の位置を正確に測定する事ができない。この問題を解決するために、Andriacchiらは1998年にポイントクラスタ法を用いた解析方法を提案した<sup>1)</sup>。この方法は皮膚上のマーカーの動きから骨の動きを推定する手法であり、間接的に骨の運動を計測することが可能である。

ポイントクラスタ法の課題として、計測結果と実際の膝の動きの対応が直感的に理解しにくい点があげられる。ポイントクラスタ法から得られるのは、固定され動かない脛骨に対する大腿骨の動きのデータである。大島らはその動きを可視化するビューワーを作成しているが、大腿骨のみが動く様子は人間の自然な脚の動きとは異り、見る者に違和感を与えるものであった<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、ポイントクラスタ法に

よるデータを用い、大腿骨だけでなく、脛骨の動きも可視化する3Dビューワーの作成を行う。

### 2. ポイントクラスタ法の概要

ポイントクラスタ法は、1998年にAndriacchiらが発表した、皮膚の動揺による誤差を低減する骨の運動の計測手法である。膝関節に関して、大腿と下腿に21点のマーカーを貼付し、光学式モーションキャプチャにより計測した複数のマーカーの動きをもとに大腿骨と脛骨の位置と動きを推定する。骨の動きとして、屈曲-伸展、内反-外反、内旋-外旋、大腿骨と脛骨間の並進に関する6つのパラメータが導かれる。2001年にはAlexanderらが、創外固定器を用いてポイントクラスタ法の誤差を評価し、回旋で最大約3°、並進で約3mm程度であるとの結果を得ている<sup>3)</sup>。

関節運動の算出について、ポイントクラスタ法では、Grood and Suntayの関節座標系を使用している<sup>4)</sup>。1983年に導入されたこの座標系は、膝の関節を構成する大腿骨と脛骨の2つの骨セグメントの座標系から、それぞれ1つの座標軸を使用し定義される。大腿骨と脛骨にはそれぞれZ軸が上向きの座標系( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ )および( $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ )を定義している。屈曲-伸展運動は大腿骨の $F_x$ 軸周りの回転、内旋-外旋運動は脛骨の $T_z$ 軸周りの回転、内反-外反運動は $T_z \times F_x$ の外積で求められる両軸に垂直な浮動軸まわりの回転として表される。

### 3. 3D ビュワーによる動作解析の支援

ポイントクラスタ法は脛骨に対する大腿骨の動きを関節座標系上で計算するが、その結果を実際に観察される膝の動きと対応づけて理解することは容易ではない。そこで3Dビューワーを作成し直感的な理解を支援する。

3Dビューワーは、Unity Technologies社からリリースされている2D/3D対応のゲーム開発プラットフォームであるUnity5を利用し作成する。Unity5は、マルチプラットフォームに対応して

Development of a 3D Viewer to Assist Knee Motion Analysis  
by Point Cluster Technique

<sup>†</sup>Yamamoto Shiho • Future University Hakodate

<sup>‡</sup>Suzuki Sho'ji • Future University Hakodate

おり，広く手に入りやすい．また，3D モデルデータやプラグインなどが入手・購入できる Asset Store があり，開発の効率化を図れると考えた．

### 3.1 ビュワーの構成

脛骨の動きを可視化するため，下腿の膝付近とかかとに貼付されたマーカの位置情報を利用する．これとポイントクラスター法により得られる大腿骨の動きを入力し，以下の要素で構成されるビューワーを作成した．

- ・ カメラの視点変更や再生速度の変更を可能とするプログラム
- ・ ポイントクラスター法によって算出された大腿骨の動きのデータを読み取って大腿骨モデルを動かすプログラム
- ・ 貼付したマーカのデータから脛骨を動かすプログラム
- ・ 上記のプログラムによって動く大腿骨・脛骨モデルの動きを可視化するビューワー部分構成したビューワーを図 1 に示す．

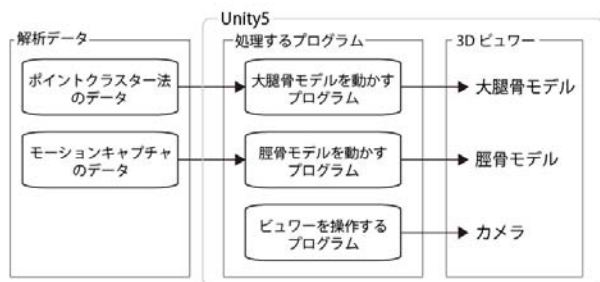


図 1: ビュワーの構成図

### 3.2 表示モデルの設計

人によって骨の大きさ，形などが異なるため，本研究では平均的な大きさの直方体をモデルに使用した．大腿骨を模した 3D モデルは直方体 3 つを組み合わせで作成した(図 2(a))．脛骨を模した 3D モデルは，骨の両端に直方体の 3D オブジェクトを置き，それを線で繋いだ．また，脛骨の 3D モデルには直方体で模した足を付けた(図 2(b))．構成したビューワーによる表示を図 3 に示す．図 3(a)は大腿骨と脛骨の動きを表示する部分であり，図 3(b)は解析対象の膝の部分拡大表示する部分である．



図 1: (a) 大腿骨 3D モデル (b) 脛骨の 3D モデル

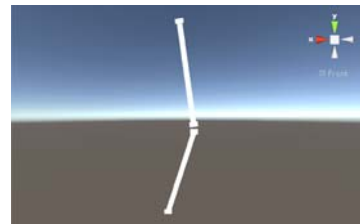


図 3: (a) 全体表示



図 3: (b) 拡大表示

### 4. おわりに

本研究では，ポイントクラスター法のデータを用いて，大腿骨と脛骨の動きを可視化するビューワーを作成した．今後，より細かい骨の形状が分かるモデルを使用することによって，より正確な骨動作を可視化することができ，膝関節の動きのイメージがつかみやすくなり，治療や予防の向上や，実際の医療現場での利用に繋がることが考えられる．

### 謝辞

本研究を進めるにあたり，函館工業高等専門学校准教授の川上健作氏，医療法人悠康会函館整形外科クリニック院長の大越康充氏，並びに同医院の医師・療法士の皆様に資料の提供と有益な助言を多数いただいた．深く感謝する．

### 参考文献

- 1) Andriacchi, T.P., Alexander, E.J., Toney, M.K., et al.: A point cluster method for in vivo motion analysis: applied to a study of knee kinematics, J Biomech Eng, Vol.120, PP.743-749 (1998).
- 2) 大島孝子: 膝関節周辺の正確な運動の可視化, 平成 22 年度公立はこだて未来大学卒業論文 (2011).
- 3) Alexander, E.J. and Andriacchi, T.P.: Correcting for Deformation in Skin-Based Marker Systems, J Biomech, Vol.34, pp.355-361 (2001).
- 4) Grood, E.S. and Suntay, W.J.: A Joint Coordinate System for the Clinical Description of Three-Dimensional Motions: Application to the Knee, J Biomech Eng, Vol.105, pp.136-144 (1983).