14-85-13 骨格の X 線撮影と立体形状の復元

X-ray of Bone and Reconstruction of Its Shape

○青野 浩、斎藤之男*、田島孝光**

東京電機大学 フロンティア共同研究センター

*東京電機大学 理工学部 知能機械工学科

**本田技術研究所 栃木研究所

Hiroshi Nagato, Frontier Research and Development Center, Tokyo Denki University

*Yukio Saito, Dept. of Intelligent Mechanical Engineering

** Honda R&D Co., Ltd, Tochigi R&D Center

1. はじめに

人は老化と共に、骨の変形や骨折をしやすくなる。例えば変形性股関節症、骨粗鬆症がある。これらの治療として、人工関節置換手術が行われている。

人工骨を体内に埋め込むことを考えると、動作中の骨・関節の動きや負担は、重要な要素である。

現在、X 線 CT などを使って人体内部を立体的に表示し、様々な角度、断面から症状を調べることができる。患部を三次元モデルとして表し、その動きをシミュレーションすることによって、立位時の骨・関節の動きや負担について骨の形状を評価することができる。その評価によって骨折の予防や、人工骨の形状評価が可能になる。しかし、X 線 CT では立位時の患部の状態を撮影できない。レントゲン撮影では、立位時の患部の状態を撮影することができるが、現在の技術では、二次元の画像から骨の三次元モデルを構築することは困難である。

そこで、本研究では、移動型 X 線撮影ロボットの開発を行っている。このロボットは、X 線源と X 線カメラをアーム部に搭載し、モータ制御でアームを制御することで患部を様々な方向から撮影し、その画像から患部の三次元骨格モデルを復元する。また、ロボットの撮影時の位置と方向をモータの制御量から計算できるため、患者の姿勢に関わらず、骨格の三次元モデル化が可能になる。

これまで基礎研究として、複数方向から撮影した X 線画像から立体形状を復元する方法として輪郭モデル及び密度線モデルの統合の研究を進めたので報告する。併せて、現在開発中の移動型 X 線撮影ロボットについて説明する。

2. X 線撮影と形状データの抽出¹⁾

対象の三次元モデルの復元は、撮影された X 線画像から形状データ(輪郭、および密度線(輪郭線以外の線))をデジタイザによって抽出し、データ処理によって行う。

レントゲン撮影は、対象を周囲から連続撮影することができない。このため、Fig. 1 のように複数方向から対象を撮影する。そして、撮影された X 線画像からデジタイザによって形状データを抽出する。(Fig.2)

抽出した 2 次元の形状データは、対象の撮影方向に従って、Fig.3 のように 1 つの三次元空間に統合される。

Fig.1 X-ray Photography

Fig.2 Shape Data

Fig.3 Distribution of Shape Data

3. 形状データの補間^{[1][2]}

X 線画像から得られる形状データは、Fig.3 のように分散している。そのため、計測データを基に形状データが分布していない部分の形状を補間する。

補間点は、計測データから B スプライン曲面を求め、その曲面上の点として求める。Y 軸方向は、平面 XZ に平行な三次元モデルの断面上に点が存在すると立体モデルの表面構成が容易となるため、y 座標が等ピッチとなるように点の座標を計算する。次に、Y 軸に垂直な方向は、曲線が多く短い線分で表される程、曲線は滑らかになるので、補間点間の距離を長さ均一にする。

4. 三次元モデルの作成

求めた補間点を三角パッチの頂点とすることで、対象の表面がポリゴンによって復元される。この形状データは、STL 形式でデータを記述することでラピッドプロトタイプングによる光造形モデルを短時間で製作することができる。(Fig.4) これにより、大腿骨置換手術などにおいて置換する人工骨の形状を確認することができる。

画面上では、奥行き情報が失われ、また、三次元モデルを 1 点から見た映像である。このため、モデルを実体化することで、対象の復元状態を正しく評価することができる。

実際に大腿骨頭をこのロボットの X 線カメラで撮影した X 線画像を Fig.5 に示す。X 線カメラの画像は 1024×1024 画素で濃度値が 12 ビットで表される (Fig.5 の画像は 8 ビットに変換したもの)。

5. X 線撮影ロボット^[1]

本研究では、骨格を X 線撮影し、その患部の三次元モデルを復元する移動型 X 線撮影ロボットの開発を行っている。このロボットは、コンピュータ制御でアームの長さ、向きを制御し、X 線カメラを使って撮影を行う。そして、その画像から骨格の三次元モデルを復元する。X 線カメラで撮影した大腿骨頭部の X 線画像を Fig.5 に示す。

6. まとめ

これまで、基礎研究として大腿骨を例に、その周囲を複数方向から X 線撮影し、そのフィルムから立体モデルを作成する方法を研究してきた。この方法では、三次元形状を復元するために B スプライン曲面を計算して補間を行っている。復元した三次元モデルの形状を評価するために、光造形モデルを作成し、実物の形状に近い形状の骨格モデルが得られた。

X 線撮影ロボットは、救急支援として短時間に三次元骨格モデルを生成することで高度な診断とその後の手術シミュレーションを救急現場で行うものである。

参考文献

- [1] 斎藤浩, 斎藤之男, 田島孝光, X 線を用いた骨格計測と形状評価, 動的画像処理実用化ワークショップ 2004 予稿集, 61/64, 2004
- [2] 枝光敏彦, 高谷裕浩, 三好隆志, 後藤孝行, 高橋哲, 高精度計測点群の B スプライン曲面へのあてはめに関する研究, 精密工学会誌, 62, 10, 1423/1429, 1996
- [3] 倉賀野, 斎藤, 黒田, 古川, 測定点データに基づく自由曲線・曲面のモデル化法, 精密工学会誌, 65, 3, 381/385, 1999

[4] 渡坂衛, CAD/CAM における曲線曲面モデリング, 東京電機大学出版局, 1996

Fig.4 Laser Lithography Model

(a) Bone of Bird

(b) X-ray Image

Fig.5 X-ray Image Acquired by X-ray Camera