

生体膝関節曲面の復元と曲率解析に関する研究

工藤啓祐，香田健史（九州大学大学院工学府）

廣川俊二，大月彩香（九州大学大学院工学研究院）

Study on Biological Joint Surfaces Reconstruction and Curvature Analysis

Keisuke KUDO, Takefumi KODA, Shunji HOKAWA, Ayaka OHTSUKI

Kyushu University

1. はじめに

膝関節曲面間の相対曲率は，関節面間の接触応力や摩擦・摩耗の解析をおこなう際の重要な因子である．またこれらの解析において，より正確な数学モデルを作成することは非常に重要である．

本研究では，これまで微小うねりを伴った曲面の復元法を考案した¹⁾．そこで，この手法を生体膝関節曲面に適用し，その数学モデルから曲率解析および関節面間の適合性の検討などを行った．

2. 曲面近似の理論

本研究で用いる曲面近似法では，以下の2式を用いている．

$$S_x(u, v) = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_y} p_{ij} u^i v^j \quad (1)$$

$$F(u, v) = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_y} q_{ij} \cos(iu) \cos(jv) \quad (2)$$

(u, v) : パラメータ座標 N : 次数

本手法では，多項式曲面(1)を用いて対象曲面の概形を再現した後，それ以外の細かな凹凸をフーリエ近似曲面(2)で再現し，最後に二つの曲面を重ねることで復元曲面を作成する．

3. 生体膝関節曲面の復元および曲率解析

三次元レーザスキャナ(パルステック株，TDS-530)を用いて，図1のようなブタ膝関節大腿骨および脛骨・半月板の表面座標データを採取し，本手法により復元した．さらにその数学モデルより，曲率解析および相対曲率・適合度の算出を行った．この相対曲率・適合度は，二面の接触点における最大・最小曲率値と主方向により算出される．

結果の一例を図2,3に示す．図2はブタ膝関節大腿骨曲面の最大曲率マップ，図3は膝屈曲角に伴う関節面間の適合度の推移である．図2のよう

な曲率マップを作成することで，関節表面形状の定量的な評価を行うことができた．図3の結果より，大腿-脛骨間の適合度は膝屈曲に伴い値が低下し，特に外側での低下が著しい．大腿骨-半月板間の適合度は膝屈曲角や外側・内側での違いは見られず，半月板表面が膝屈曲などに依存しない形状であることが分かる．

4. おわりに

本曲面近似法を用いて，生体膝関節曲面の詳細な曲率解析結果を求めることができた．また適合度により，関節面間の接触状態の定量的な解析が可能となった．

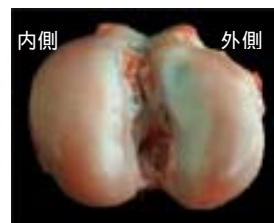


図1 復元対象(大腿骨)

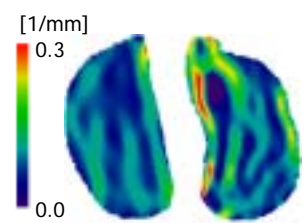


図2 最大曲率マップ

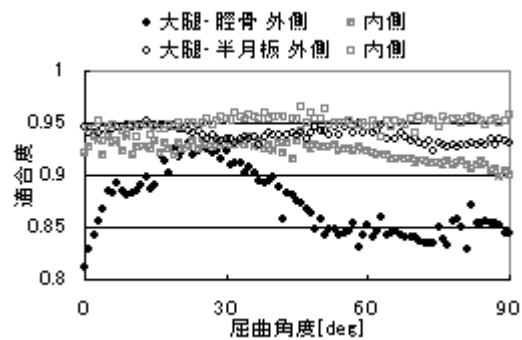


図3 関節面間の適合度

参考文献

1) 植木貴司，廣川俊二，大月彩香，生体膝関節曲面の数学モデル化とその応用に関する研究，日本機械学会論文集，(C編)69巻687号(2003-11)，16-23.