



# ロコモ対策のための骨や関節軟骨の数値シミュレーション

Keywords: 生体医工学、数値解析、生体適合性、構造解析、変形性関節症

## ● 研究概要

超高齢化社会における健康寿命の延伸を阻害する最大の阻害要因は骨や軟骨といった運動器の障害（ロコモティブシンドローム、略称ロコモ）です。股関節など荷重支持関節の関節疾患病変には、力学的因子の影響が大きいです。骨や軟骨の微細な構造に着目した数値シミュレーションにより、ロコモ対策に有用なデータを獲得して健康寿命の延伸を目指します。

## ● 研究テーマ

### ・生体組織のシミュレーション

運動器である骨・軟骨の不可逆な病変を惹き起こす関節疾患には、できる限り早期の対処が重要である。特に変形性関節症では骨よりも先に軟骨の病変が発現するとされるが、軟骨力学特性が変化する段階はこれまで無症候とされてきたため、軟骨病変と骨病変との因果関係に関する研究はきわめて不十分である。本研究では、軟骨や骨の微細構造に着目して関節の荷重支持・駆動・運動メカニズムを理解するため、医用画像（CTやMRI）に基づく関節組織のモデリング（図1左図）、骨密度から推定した骨の不均質な材料特性を考慮した応力解析（図1右図）などを行っている。（学会発表1、論文2）

骨内部の骨折など関節組織の負荷推定に応用可能である。

### ・関節軟骨の微細構造モデル構築

骨に伝わる機械的負荷は、軟骨の力学的な役割により調節されるため、軟骨の力学的特性の変化を解析することは重要である。軟骨の構造（図2）は、微視的にみるとコラーゲン線維配向や細胞形状が軟骨深さに依存して異なる組織学的特徴をもつ。軟骨変性は軟骨の組織組成や構造の異常を誘発する。軟骨力学特性は組織学的特徴の影響を受けるため、その特性変化を定量化するには微細構造の考慮が必要不可欠である。関節疾患における軟骨病変と骨病変の因果関係を工学的見地から解明するため、軟骨の微細構造に着目した独自の数理モデルを構築した。（論文1、2）さらに大型放射光施設SPring-8で計測した軟骨組織の高解像度CTデータ（図3）を解析し、軟骨微細構造モデルによる組織変形予測と実測データとの検証を行い、軟骨機能の数値解析ツール開発を目指している。

### ・力学適合性の高い人工関節の設計

骨の構造はひずみ（荷重による物体の形状や体積の変化）との相関が強く、この力学的な環境の変化に応じて骨萎縮・肥大化する。人工股関節の長期運用で問題となる生体骨と金属製ステムの力学的不適合を解消するため、生体骨の力学特性を有する人工股関節ステムの開発を試みている（図4）。（学会発表2）



所属 人間環境デザイン工学科  
スポーツ・バイオメカニクス研究室  
助教  
氏名 大澤 恭子  
Osawa Takako

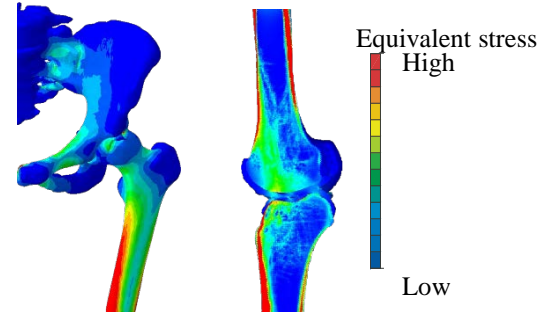


図1. 股関節(左図)と膝関節(右図)の応力分布図

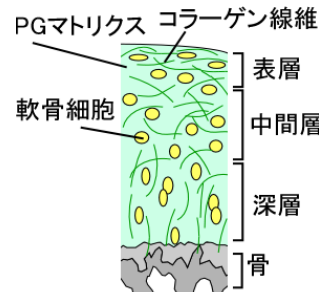


図2. 関節表面から骨に至る関節軟骨断面

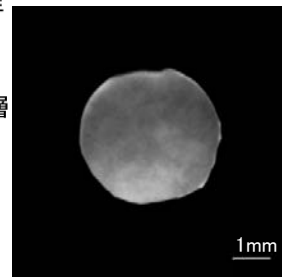


図3. 軟骨組織の高解像度X線CT(中間層横断面)

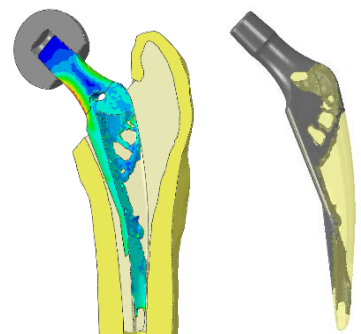


図4. 力学適合性を有する人工股関節ステムの応力解析

## ● 論文・特許等

### 【学会発表】

1. CTおよびMRIに基づく膝関節モデルを用いた膝外反角度変化の影響, 日本機械学会第30回バイオエンジニアリング講演会 (2017)
2. Topology optimal design of artificial hip stem with the macro-heterostructure, Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength (2016)

### 【論文】

1. Finite element analysis of hip joint cartilage reproduced from real bone surface geometry based on 3D-CT image, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol. 9(2), p.13-00164 (2014).
2. Evaluation of viscoelastic property of articular cartilage based on mechanical model considering tissue microstructure, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol. 7(1), p.31-42 (2012).