

2. 扁平足の力学モデリングと手術シミュレーション

王 忠奎 / 平井 慎一 立命館大学理工学部ロボティクス学科

概要

本稿では、扁平足の有限要素モデルを用いた手術シミュレーションについて述べる。扁平足は個人差が顕著であり、個々の患者に適切な手術を選ぶ必要がある。そこで、患者の扁平足モデルを構築し、そのモデルを用いて手術シミュレーションを実施し、シミュレーション結果を医師に提供することをめざしている。本稿では、扁平足の有限要素モデルを構築する手法、構築したモデルを用いた手術シミュレーションの例を述べる。

有限要素モデルとは

扁平足は、足に生じる変形であり、足のアーチが崩れ足裏のほとんどが地面と接地する。扁平足の人には、足に痛みを感じる、歩容が乱れるという症状を訴えることが多く、症状がひどくなると歩行に困難を来す。扁平足の症状がひどいときには、外科手術で変形を補正する。ただし、扁平足による変形は個人差が大きく、個々の患者に対して適切な手術を選択することは困難であると言われており、個々の患者に適切な手術を選ぶ手法が望まれている。

患者固有の手術を実現するために、個々の患者の扁平足モデルを構築し、そのモデルを用いて手術シミュレーションを実施し、シミュレーション結果を医師に提供する手法が考えられる。本グルー

プでは、京都府立医科大学と共同で、扁平足手術のシミュレーションに関する研究を進めている。これまでに、扁平足の有限要素モデルを構築し、手術シミュレーションを行った。本稿では、扁平足の有限要素モデルを構築する手法、有限要素モデルを用いて手術シミュレーションを実施した結果を紹介する。

扁平足の有限要素モデル

1. 骨部と軟組織部の形状生成

患者の足部CT画像から、骨部と軟組織部のセグメンテーションを行い、骨部と軟組織部の3次元形状を求める。扁平足を持つ1名の男性(38歳、身長168cm、体重62kg)の右足のCT画像から、骨部と軟組織部の形状を生成した。CTスキャンの間、被験者の下肢を固定し、足部に荷重を加えた¹⁾。個々のCT

画像において、“Mimics”(Materialise社、ベルギー)を用いて骨部と軟組織部の輪郭を抽出し、抽出した輪郭を接続することでサーフェスメッシュを得る。計算コスト削減のために、オープンソースソフトウェア“Meshlab”を用いてサーフェスメッシュを平滑化し、節点を削減する。有限要素モデルの作成には、有限要素ソフトウェア“Abaqus”(Dassault Systèmes社、フランス)を用いる。サーフェスメッシュをAbaqusにインポートすることで、3次元モデルを得る。図1 aに生成された骨部の形状を示す。これは17個の骨から成る。骨部を囲む軟組織部の形状を図1 bに示す。

2. 靭帯と足底筋膜の形状生成

靭帯や足底筋膜をCT画像で識別することは困難であるため、これらは解剖学の書籍²⁾と外科医の助言を基に手作業で構築した。これらのモデリングには、トラサ要素を用いた。トラサ要素は、引つ

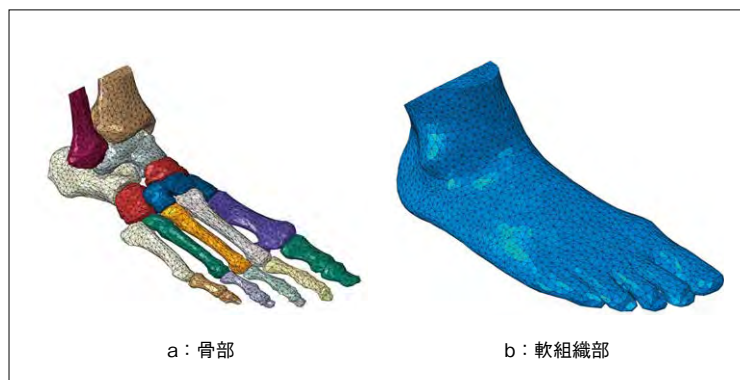


図1 生成された骨部(a)と軟組織部(b)