

第 33 回バイオフィロントニア講演会に参加して

葉師神 翔 馬

Shoma YAKUSHIJIN

機械システム工学専攻修士課程 2022 年度修了

1. はじめに

私は、2022 年 12 月 17 日～18 日にかけて行われた日本機械学会第 33 回バイオフィロントニア講演会に参加し、「高精度・高速な自動化画像セグメンテーション法を用いた有限要素解析モデルの形状・圧縮主ひずみ評価」というテーマで発表を行った。

2. 研究内容

2.1 緒言

臨床応用を想定した骨のイメージベース有限要素解析では、CT 画像上の白黒の濃淡値より骨の外形状を半自動抽出し、実体に忠実なモデルを作成した後、各解析条件を与え、解析を行う。しかし、一部の解析システムでは、白黒の濃淡値より骨とその他の領域に識別するセグメンテーション機能が搭載されているが、その抽出精度が十分でない場合があり、手動による抽出の修正が必要となる。これに対し、本研究グループでは、画像処理と深層学習を組み合わせた医用画像セグメンテーション手法を開発している。本研究では、開発中のセグメンテーション手法の抽出時間・精度の評価を目的として、椎体模擬骨の試験片を対象に、CT 撮影とセグメンテーションを行った上で、有限要素解析およびモデル体積の定量化を行った。また、作成した椎体模擬骨の試験片を用い、圧縮試験の実挙動と開発・既存両手法のセグメンテーション後のイメージベース有限要素解析の圧縮主ひずみの比較により、開発中のセグメンテーション手法の妥当性を評価した。

2.2 方法

開発手法の有用性評価のための対象として、椎体

模擬骨を用いた。椎体模擬骨は、アルキメデスの原理、菜種置換法、3D 実体スキャナーを用いて体積算出を行った。椎体模擬骨の試験片と、開発手法で作成した有限要素モデルを図 1、図 2 にそれぞれ示す。試験片は、椎体模擬骨の上下面を石膏で補填後、アクリル板にて固定した。その後、試験片全体を臨床用 CT で撮影した。圧縮試験は、椎体側面の 3 点に 3 軸ひずみゲージを付し、100 N の圧縮荷重を負荷させた際の圧縮主ひずみ値を測定した。有限要素モデルは、要素長 1.26 mm で作成し、材料特性を与え、実際の負荷試験と同様の荷重・拘束条件で有限要素解析を行った。

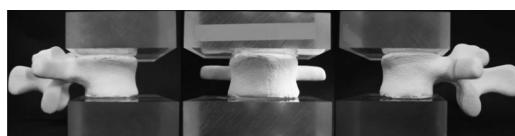


図 1 椎体模擬骨の試験片

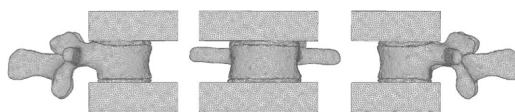


図 2 有限要素モデル（開発手法）

2.3 結果

2.3.1 椎体模擬骨の体積比較

椎体模擬骨の体積算出結果を図 3 に示す。図の実体を用いて体積算出を行ったアルキメデスの原理、菜種置換法の結果より、椎体模擬骨の体積は約 46,000～51,000 mm³ と推測された。開発手法の有限要素モデルは、推測された範囲内の体積を示しており、セグメンテーション精度の高さが確認できた。

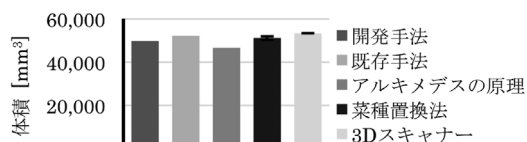


図 3 体積比較

2.3.2 有限要素解析と実試験の比較

開発・既存手法を用いたモデルの有限要素解析の

圧縮主ひずみ分布と、各測定点におけるひずみ値の比較を図4、図5にそれぞれ示す。図5の圧縮試験の結果は、3回の試験の平均を示しており、試験の再現性が高いことが確認できた。図4より、開発・既存両手法の圧縮主ひずみ分布は、椎体前方で一部異なるが、側面全体として類似した分布となった。図5より、圧縮主ひずみ値について有限要素解析と圧縮試験の結果を比較すると、測定点Cでは有限要素解析と圧縮試験で近いひずみ値を得た。しかし、測定点Aでは有限要素解析のひずみ値が圧縮試験より大きくなり、測定点Bでは小さな値となった。

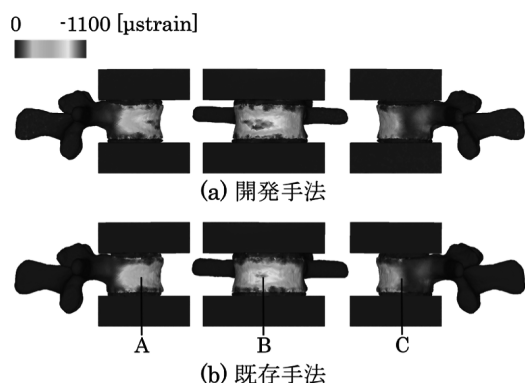


図4 有限要素解析の圧縮主ひずみ分布

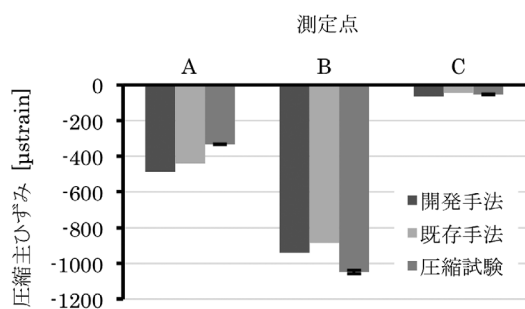


図5 有限要素解析と圧縮試験の圧縮主ひずみ値

また、外形状のセグメンテーション時間に関しては、既存手法で約20時間要した。一方、開発手法では手動修正する時間は不要であった。

2.4 考察

開発手法モデルは、既存手法モデルと類似した体積・圧縮主ひずみ値を示したことから、既存手法を用いた解析と同等の抽出精度を維持した上で、セグメンテーションの手動操作に要する時間の削減に有用であると考えられる。しかし、現状の有限要素解析と圧縮試験の圧縮主ひずみ値には、測定点によって大小のばらつきが生じている。この要因として、外形状のセグメンテーション精度と有限要素モデルの要素長が考えられる。今後は、有限要素モデルの要素長を小さくさせ、局所的な外形状の評価が必要である。

2.5 結言

開発したセグメンテーション手法は、既存手法と同等の抽出精度を維持した上で、抽出時間の削減に有用であることが示された。一方で、今後の課題として、有限要素モデル化する骨の外形状を詳細にすることが求められた。

3. まとめ

今回の学会発表を通じて、他大学の先生方から貴重なご意見を頂くことができ、今後の課題が明確となった。また、学会では、他大学の学生や先生方の研究を聴講し、バイオメカニクス分野で行われている他の研究から、自身の研究に活かせる部分が得られ、非常に有意義な時間を過ごすことができた。