

## 第 26 回バイオフィロントニア に参加して

西 木 友 浩

Tomohiro NISHIKI

機械システム工学専攻修士課程 2 年

### 1. はじめに

私は、2015 年 10 月 2 日から 10 月 3 日に福岡県の九州大学伊都キャンパスで行われた第 26 回バイオフィロントニア講演会に参加した。私はこの学会で「サポート下着による骨盤低弛緩改善メカニズムの解明のための臀部有限要素モデルの開発」という題目で発表した。

### 2. 研究背景と目的

女性特有の泌尿器疾患である腹圧性尿失禁や骨盤内臓器脱は、分娩や加齢により骨盤内臓器が下降することで発症する<sup>(1)</sup>。これに対し、サポート下着の着用により下降した臓器を挙上することで症状が改善することが報告されているが、下着による締め付け力と骨盤内臓器の挙上量の力学的関係を解明する必要がある。本研究では、骨盤内臓器の挙上量の評価および、挙上に有用で適切なサポート下着の設計指針の確立を目的とし、被験者の MRI 画像を用いた臀部の有限要素モデルの構築を行い、実験から得られた材料特性と着圧分布を反映して膀胱の挙上量の評価を行った。

### 3. 研究方法

モデル作成のフローチャートを Fig. 1 に示す。まず、医用画像の編集が可能な OsiriX（有限会社ニュートン・グラフィックス）に被験者（同意を得た 40 代の日本人女性）の臀部の MRI 画像を取り込んだ。この MRI 画像において、臀部を骨盤、膀胱、それ以外の軟組織の 3 つの領域に分別し、それぞれ異なる画素値を与えた。次に、医用画像からイメージベースモデリングが可能な Mechanical Finder（株

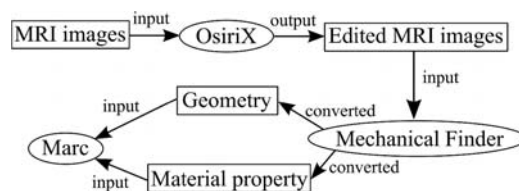


Fig. 1 Flowchart of making a FE model

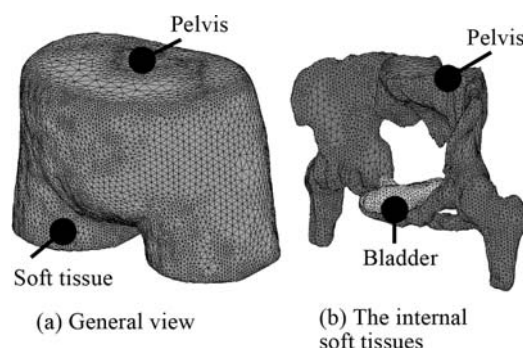


Fig. 2 FE model of the buttock

Table 1 Material properties of the model

|             | Young's modulus (MPa) | Poisson's ratio |
|-------------|-----------------------|-----------------|
| Soft tissue | $3.7 \times 10^{-3}$  | 0.4             |
| Bladder     | $20 \times 10^3$      | 0.3             |
| Pelvis      | $20 \times 10^3$      | 0.3             |

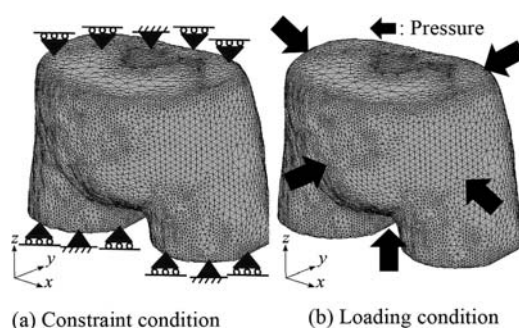


Fig. 3 Boundary conditions of the model

式会社計算力学研究センター）に編集した MRI 画像を取り込み、画素値を基に骨盤、膀胱、それ以外の軟組織を別々に抽出し、臀部の有限要素モデルを作成した。さらに、汎用有限要素解析システムである Marc（エムエスシーソフトウェア株式会社）にモデルを入力して、四面体二次要素に変換した。作

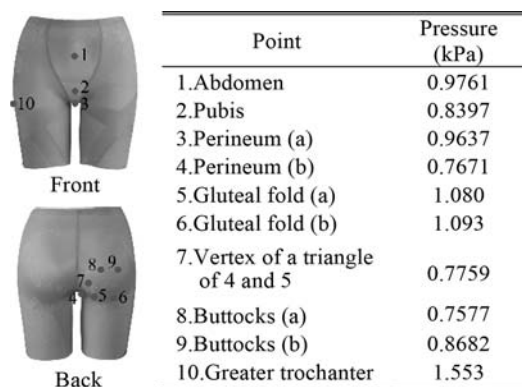


Fig. 4 Experimental data of pressure from the underwear

成した骨盤、膀胱、軟組織で構成される臀部の有限要素モデルを Fig. 2 に示す。また、被験者固有の軟組織のヤング率を同定するため、同様の被験者の臀部に対し、HANDY FORCE GAUGE（日本計測システム株式会社）を用いた押し込み試験を行った。この有限要素モデルの有用性を検討するため、被験者に対する押し込み試験により得られたヤング率と、これまでに実験により得られている下着の圧力を定義した解析を行い、膀胱の挙上量を評価した。解析モデルの材料特性と境界条件を Table 1 と Fig. 3 にそれぞれ示す。また、これまでに実験により得られている 10 点のサポート下着の着圧を Fig. 4 に示す。

#### 4. 結果と考察

下着による締め付けを考慮した有限要素解析により得られた臀部全体および、膀胱の  $z$  軸（体軸）方向変位の分布を Fig. 5 に示す。Fig. 5 (b) の正方形の領域に含まれる節点の  $z$  軸（体軸）方向変位の平均は  $1.1 \text{ mm}$  であった。これまでの研究で、被験者のサポート下装着時の MRI 画像より得られた同一点の膀胱の挙上量は  $1.6 \text{ mm}$  であり、実験と解析の変位の傾向は定性的に一致した。以上より、作成した臀部モデルは、下着の設計指針の探索の検討に有用であると考えられる。また、この有限要素モデルを用いることで、症状の改善効果の高い下着

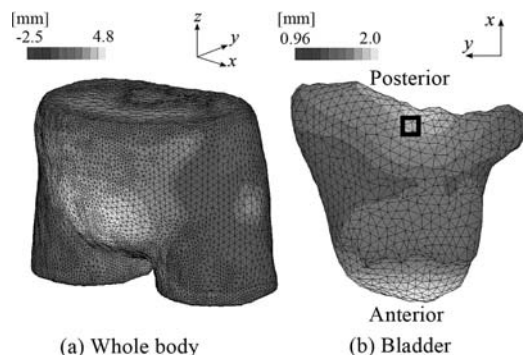


Fig. 5 Distribution of displacement in  $z$  direction (body axis)

の着圧分布の探索が可能になると考えられる。今後の課題として、作成したモデルを用いて、異なる下着の着圧を負荷した際の膀胱の挙上量の評価を行い、モデルの有用性について検討する必要がある。また、臓器の挙上量が高くなる下着の締め付け力について検討し、症状の改善効果の高いサポート下着の最適設計指針を提示することが望まれる。

#### 5. 結言

被験者の MRI 画像を基に臀部モデルを作成し、実験により得られた材料特性と着圧分布を定義した有限要素解析を行った結果、モデルから得られた膀胱の臀部側の領域における変位量が被験者の下装着時の MRI 画像の膀胱の変位の傾向が定性的に一致し、作成した臀部モデルが下着の設計指針の探索の検討に有用であることが示された。

#### 6. おわりに

今回の発表で多くの研究者から質問や意見をいただき、大変参考になりました。また、ご指導いただいた田原大輔先生、滋賀医科大学の皆さま、研究室の皆さまに深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 二宮ほか, 看護理工 1, 31-39, 2014.