

日常姿勢改善アプリケーション

# Pro-Pose

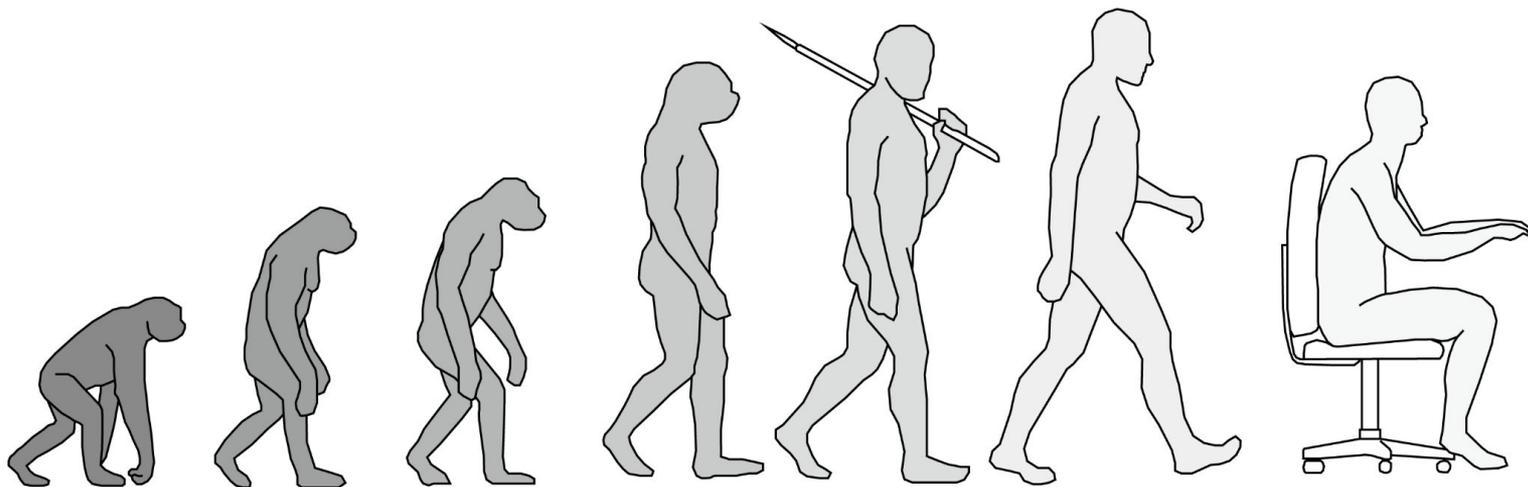
プロアクティブ・リサーチコモンズ グループA

河野奏人・原口泰雅・山田将太郎

## 姿勢の悪い現代人

いま、あなたはどんな姿勢をしているだろうか。

現代人の8割は猫背だといわれ、長時間のパソコン作業・スマホ操作が姿勢悪化に繋がる。姿勢悪化は身体に悪影響。自分の姿勢が正しいかチェックする機会はなかなか無い。



Evolution ?

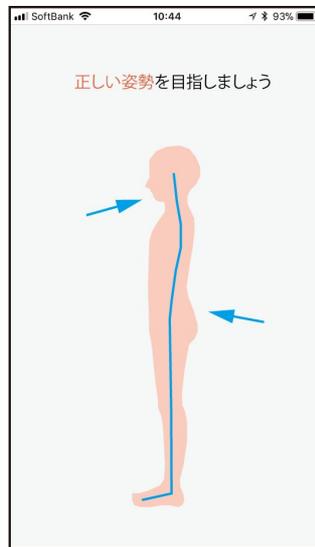
## 正しい姿勢を提案(Propose)し、プロ並みの姿勢(Pro Pose)へ

日常姿勢(立位姿勢・座位姿勢・寝姿勢)をチェックし改善点を提案するアプリケーションを考える。

さらに、長期的に正しい姿勢を保つために、日ごろから正しい姿勢へ後押しする方法を考える。



姿勢のチェック



改善点の提案



姿勢矯正  
(日常生活への介入)

## 日常姿勢改善アプリケーションのフロー

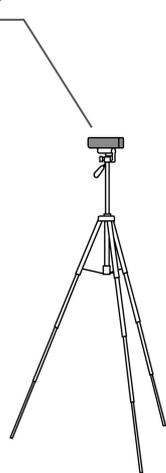
- ①カメラで撮影・骨格の検出
- ②姿勢の推定
- ③FEM解析(人体各部への負荷を計算)
- ④理想的な姿勢との差を出力
- ⑤姿勢矯正(日常生活への介入)

## ①カメラで撮影・骨格の検出

人の姿勢を推定するために、まずはカメラで人を撮影し、ディープラーニングにより大まかな骨格を検出する。



ZED ステレオカメラ



カメラ撮影



骨格検出

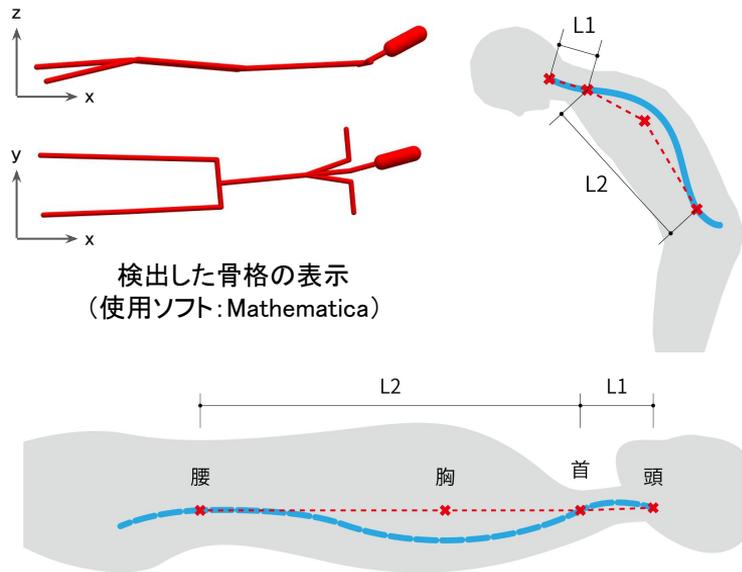
## ②姿勢の推定 (例:寝姿勢 以下、この例でのみ)

検出した骨格から折れ点の座標を抽出し、背骨を各点を通るスプライン曲線とすることで、姿勢を推定する。

次項からは、FEM解析により身体に負担のかからない理想姿勢を発見し、検出姿勢と理想姿勢とを比較していく。



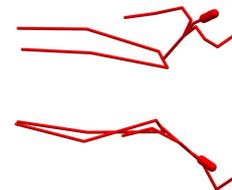
撮影の様子



検出した骨格の表示  
(使用ソフト: Mathematica)

背骨(スプライン曲線)

3次元的に骨格を検出することで複雑な姿勢にも対応する。

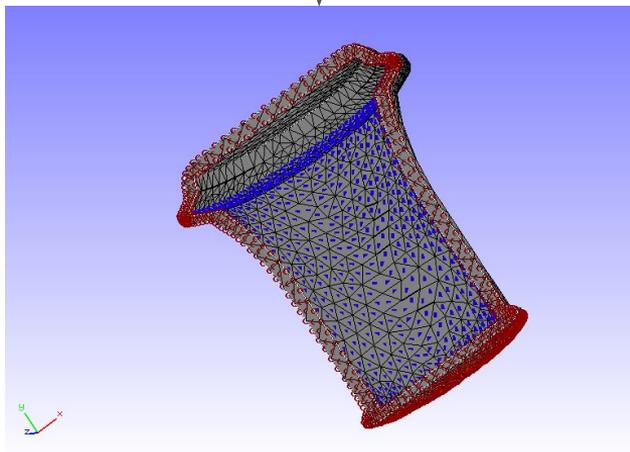


### ③FEM解析 - 技術の概要 -

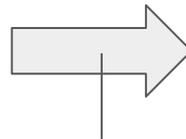
前半の選択講義テーマ:「先進CAE演習」

- CADアプリケーションによる形状のモデリング
- **有限要素法** (FEM; Finite Element Method) による、現象の数値解析

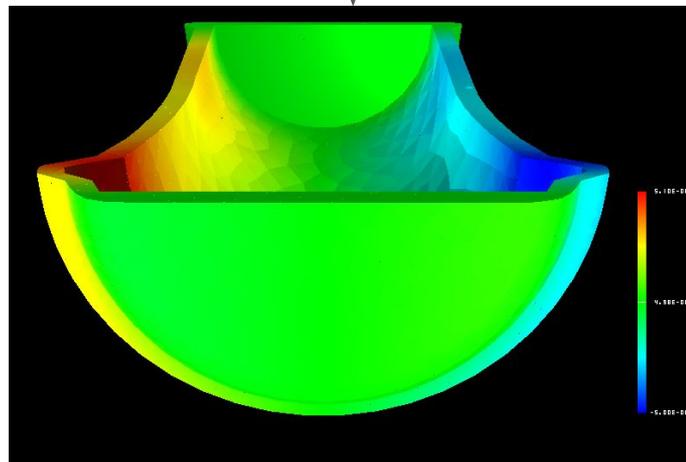
REVOCAP\_PrePost で  
「プリポスト」(解析条件の設定と結果の表示)を行う



モデルに境界条件(拘束・荷重)を設定



FrontISTR で  
解析を行う



解析結果:x方向変位

### ③-1 FEM解析 - 今回の前提 -

#### 今回のフローの前提

- 事前にモデルをいくつか作り、データセットを作成
- リアルタイムでは計算せず、データセットとの比較のみ

#### 先行研究

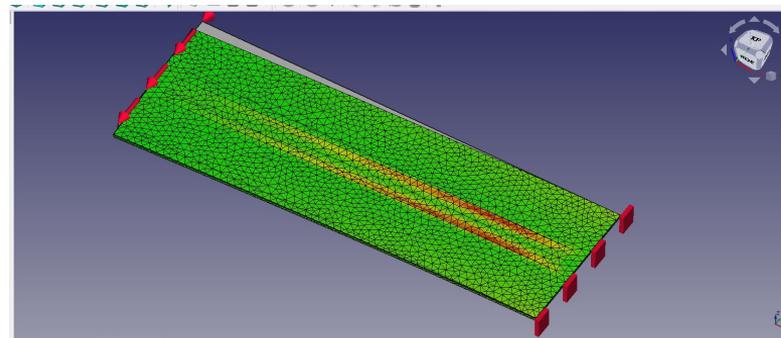
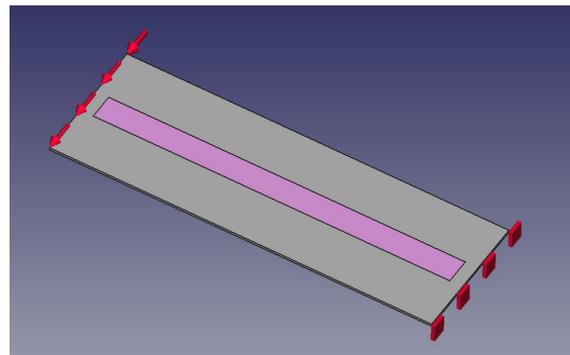
Yoshida, H., Kamijo, M., & Shimizu, Y. (2010). Finite Element Analysis to Investigate Sleeping Comfort of Mattress

- 体を左右対称に縦に切った断面について2Dの解析をしたもの
- 骨・靭帯などで大まかにパーツを分割し、物性値を設定している

→これを参考に断面の解析を行う

#### 予備の検証

- ピンクとグレーの2種の材料 [上の図]
    - ピンクは骨、グレーは肉を各々模倣
  - 片方の端は固定、もう片方は短辺に沿って荷重
- 繋ぎ目で応力が大きくなっている様子 [下の図]



### ③-1 FEM解析 - 断面の解析 -

#### モデルの作成

- 先行研究を模して、骨や接合部のみを抽出  
(水色: 骨、その他: 靭帯など) [上の図]
- ここでは下半身のみを作成

#### 条件の設定

- 両端 (かかと・背骨の途中に該当) の辺を拘束 [黄矢印]
- 中間 (腰のあたり) に荷重→背中方向 [緑矢印]

#### 物性値の設定

先行研究での値は

骨: ヤング率 10000 MPa、ポアソン比 0.3

靭帯: ヤング率 5 MPa、ポアソン比 0.3

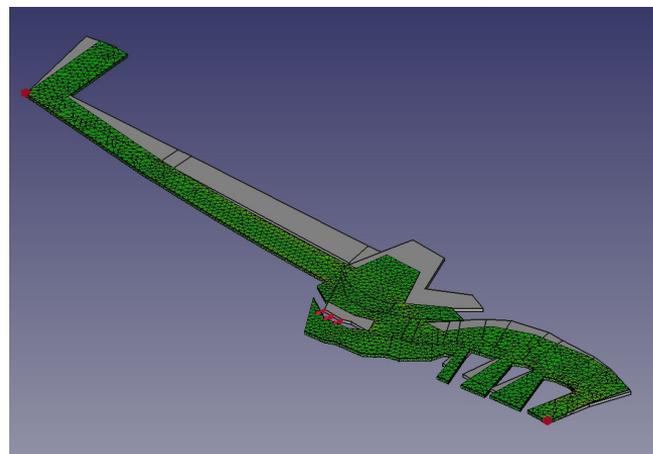
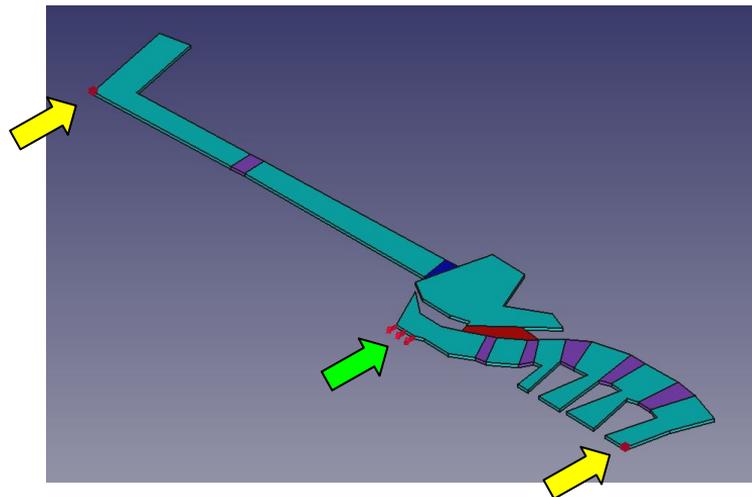
軟部組織: ヤング率 0.5 MPa

→これらの値を利用し、密度は適当に1 g/cm<sup>3</sup>と設定したが、

ヤング率が0であるとのエラー

→骨を"Wood"、その他を"PTFE"として荷重: 600 Nで解析

○ミーゼス応力の分布 [下の図]



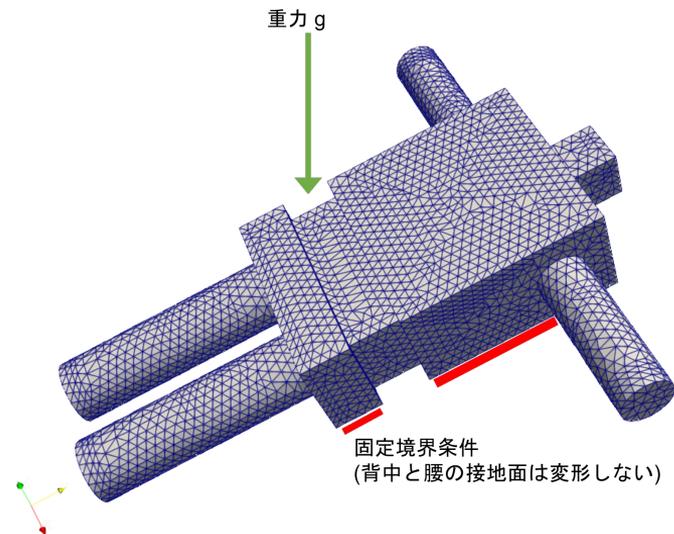
### ③-2 FEM解析 - 3次元の静弾性解析 -

#### 2次元の解析との相違点

- 計算、表示できる情報が増える
  - 複雑な形状の作成に時間がかかる
- 今回はモデル内部に骨を含まず、仰向けの姿勢のモデル計算を行う。

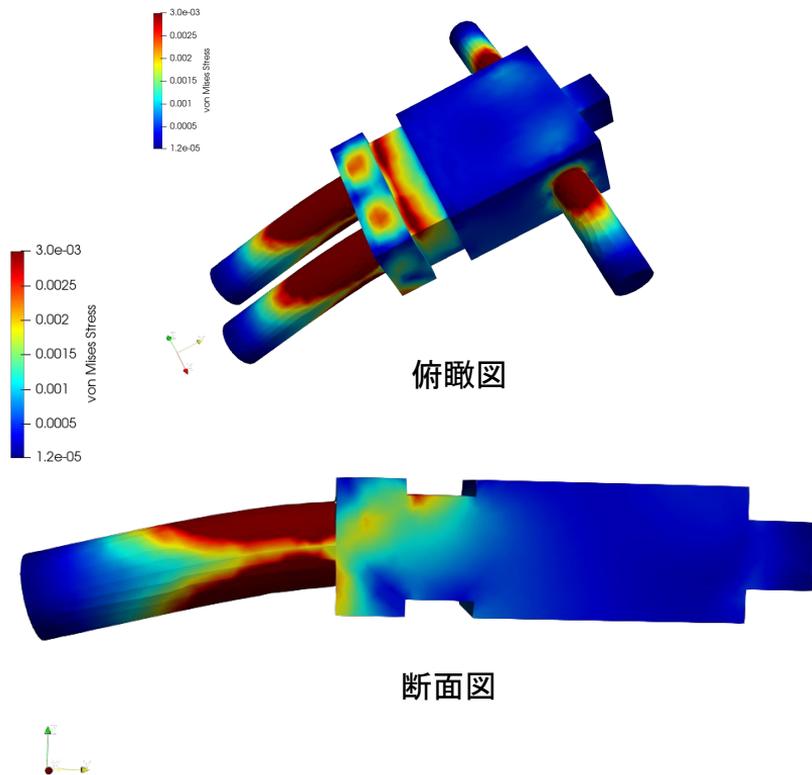
#### 計算条件の設定

- 重力加速度  $g$
  - 背中・腰に固定境界条件
  - 物性値はゴムのものを採用  
ヤング率 7 MPa  
ポアソン比 0.49  
密度  $0.91\text{g/cm}^3$
- 計算時間は1.7秒くらい



計算した仰向け姿勢のモデル

### ③-2 FEM解析 - 3次元の解析結果 -



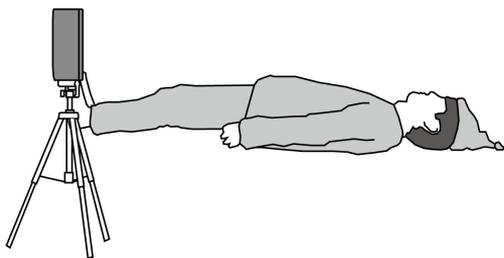
#### モデルの限界

- 背中中の接地面が広く、重力による荷重をかけた際に変化が小さかった
- 腕や足などの長いパーツの付け根にかかる応力が他と比べて大きくなっている

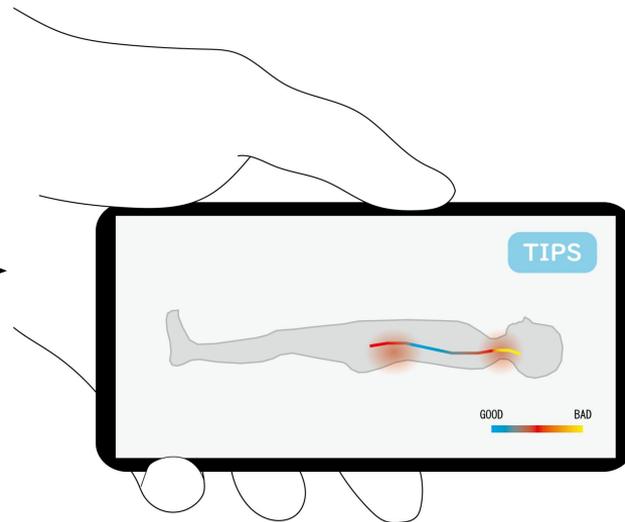
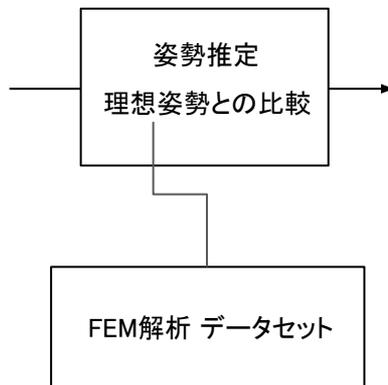
→境界条件の設定、骨の追加によって改善される(はず)

## ④理想的な姿勢との差を出力（イメージ）

FEM解析により計算した様々な姿勢時の身体への負荷のデータセットを作成し、撮影から推定した姿勢がどれに当てはまるかを検定する。そして、理想姿勢に近づけるための改善点をアプリケーション上に表示する。



就寝時などの姿勢を撮影



結果をアプリケーションで表示

## ⑤日常生活への介入

- くつろいでいる時、姿勢が悪い状態でスマホを見ていると画面が黒くなって見えなくなる
- 就寝時や仕事をしている時、身体に負荷がかかる姿勢になった瞬間の画像を撮影し、後で通知する

## 展望

- アプリケーションとして提供するには、一連の流れをリアルタイムで実行できる必要がある
- 今回はステレオカメラを用いたが、スマートフォンの単眼カメラで姿勢の推定を行えることが望ましい
- 断面の解析は、先行研究に準じ骨・関節中心に行ったが、筋肉・脂肪や就寝環境も考慮するとなお良い
- 仰向け・うつ伏せは中心の断面で近似出来るが、横向きに寝る場合のモデルを考える必要がある
- 今回は寝ている姿勢のみを対象とした
  - ⑤で挙げたような他の姿勢も検討する
- 今回はアプリケーションとしての表示を前提とした
  - ベッドや椅子などを物理的に動かすことも考えられる

## まとめ

- 姿勢悪化とそれに不随する身体への悪影響を問題として、日常姿勢改善アプリケーション「Pro-Pose」を提案した。
- 撮影した動画から姿勢を推定する手法と、FEM解析により身体への負荷を計算する手法を組み合わせ、現在の姿勢と理想的な姿勢とのズレを出力するシステムを確立することを目指した。
- 動画によるリアルタイムの姿勢検出を行うことで、日常的なヘルスケアの他、スポーツの指導や、熟練技術の取得などに応用することも期待できる。
- 今回はアプリケーションを開発することなく、ZEDステレオカメラ、Mathematica、FreeCADといった複数のツールを介したため、実際にスマートフォン等で実行する場合を想定するとやや不透明な箇所がある。
- 寝姿勢だけでなく様々な姿勢に対応することも視野に入れ、スマートフォン1台で手軽に姿勢をチェックできる環境を構築することを今後の課題としたい。