

# 筋骨格モデリングシミュレータと姿勢推定 AI を組み合わせた筋活動量の推定

福田 純<sup>\*1</sup> 福井 航<sup>\*1</sup> 平田 一郎<sup>\*1</sup> 後藤 泰徳<sup>\*1</sup>

## Muscle activity estimation by combining a musculoskeletal modeling simulator and AI based pose estimation

### Estimation of muscle activity

Atsushi Fukuda<sup>\*1</sup>, Wataru Fukui<sup>\*1</sup>, Ichiro Hirata<sup>\*1</sup> and Yasunori Goto<sup>\*1</sup>

**Abstract** - One concrete example of human-centered design(HCD) is design that takes into account ergonomic influences using musculoskeletal models. Methods using motion capture are often used to calculate muscle loading on musculoskeletal models, but these methods cannot be tested in an arbitrary field. Therefore, we thought that if AI-based pose estimation technique adequately combined with a musculoskeletal simulator, this method could be a powerful tool in performing human-centered design. In this study, the results of AI-based pose estimation were used as input to a musculoskeletal simulator to estimate muscle activity. When limited to movements on a plane, the 2D pose estimation confirmed the output as intended. On the other hand, for 3D pose estimation from multiple cameras, keypoint accuracy was insufficient and correct calculation results could not be obtained.

**Keywords** : human-centered design, musculoskeletal model, pose estimation, muscle activity

#### 1. はじめに

近年急速に広まりつつある、人間中心設計（HCD）の具体的手法として、「筋骨格モデルを使用した、人間工学的な影響を考慮した設計」が挙げられる。

筋骨格モデルによる筋活動量の算出の際には、逆動力学計算が使用される。逆動力学計算においては、動作の入力が必要であるが、動作の取得は、モーションキャプチャを用いる方法が主流となっている。この手法は特殊な環境下での測定に限られ、設計プロセスにおいて、「現場のユーザーを中心とする」ことが困難であった。

この問題を解決するため、近年、通常のカメラを用いた、AIによる姿勢推定技術が注目されている。既存のデータで学習されたモデルは、画像あるいは動画を入力とし、関節や骨格などの人間の特徴点を出力する。この手法においては、特殊な機材は一切不要であり、通常のカメラを用いて人間の動作の写真または動画を撮影し、これを推論用コンピュータで処理することで、特徴点の位置情報を得ることができる。

我々は、AIによる姿勢推定技術と、筋骨格シミュレータを組み合わせ、映像から筋活動量が得られれば、人間中心設計を行う際の強力なツールとなり得ると考えた。本研究では、単眼あるいは複数のカメラの映像を入力とし、AIによる姿勢推定の結果を筋骨格シミュレータの入力とすることで、筋活動量の推定を行った。

#### 2. 関連研究

##### 2.1 姿勢推定 AI

姿勢推定とは、人物の映った画像や動画から人物の姿勢に関する情報を取得するタスクであり、二次元姿勢推定・三次元姿勢推定などのサブタスクに分類される。

二次元姿勢推定は画像中の単一または複数の人物の関節点の二次元座標を特定するタスクである。歴史の長いタスクであり、姿勢推定のサブタスクの中では、最も高い精度を見込むことができる。一方、奥行情報は失われるため、二次元上の動きしか推定することができない。

三次元姿勢推定においては、単一または複数視点の画像から人物関節点の三次元座標を特定する。現在、非常に盛んに研究が行われている分野であり、多様な応用が考えられるが、単一のカメラを用いる場合は奥行き及びスケールの情報が不定となる。また、複数のカメラを用いたとしても難しいタスクであり、二次元姿勢推定程度の精度を見込むことはできない。

##### 2.2 筋骨格モデル

人体をモデル化する手法としては、人間を筋肉のない剛体リンクの集合とみなす剛体リンクモデル・骨格と筋肉の両方をモデル化する、筋骨格モデルなどがある。

剛体リンクモデルは筋肉がないため筋張力を計算できず、人体にかかる負荷を十分に評価できないことがある。そのため、より正確な人間工学に基づく設計を行うためには、筋骨格モデルが必要となる。

三次元の複雑な筋骨格構造をシミュレーションする

\*1: 兵庫県立工業技術センター

\*1: Hyogo Prefectural Institute of Technology

場合、製品化された筋骨格シミュレータを用いることが主流となっている。これらの筋骨格シミュレータにおいては、動作を入力とし、筋活動量を計算する、逆動力学を使用した解析を行うことが多い。

### 3. AIによる姿勢推定と筋骨格モデルの統合

1章で述べた通り、本研究では、AIによる姿勢推定と、筋骨格モデルによる筋活動量の算出を統合した。

今回、我々は姿勢推定モデルとして OpenPose<sup>[1]</sup>を選択した。OpenPoseは産業界でも広い使用実績があり、その使用法・評価についても幅広い研究<sup>[2]</sup>がなされている。さらに、OpenPoseは基本的には二次元姿勢推定を行うが、チェス盤により校正された複数のカメラを用いることで、三次元推定を行うことができる。

筋骨格モデルとしては AnyBody Technology 社 AnyBody を選択した。AnyBody では、AnyScript と呼ばれる独自のスクリプト言語を利用して、その入出力データへの処理を自由に行うことができる。また、外部-人体のインターフェースとなる箇所仮想的な筋肉を設定することで、反力の推定を行うことができ、床反力計がなくとも、解析を動作させることができる。

#### 3.1 システム概要

今回の実験で使用したシステムの概要を図1に示す。

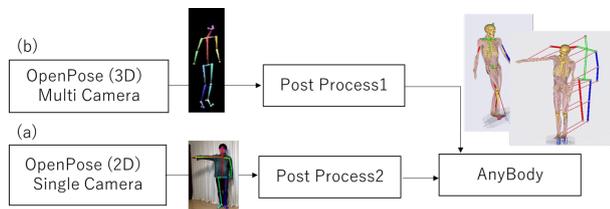


図1 システムの概要

本システムにおいては、単眼カメラ・あるいは互いの位置関係をチェス盤にて校正した複数のカメラで撮影した動画を入力とする。単眼カメラの場合は OpenPose により 2D 推論され、複数のカメラの場合は、3D 推論される。いずれの場合も、それぞれ異なる後処理（原点位置の変更や、欠落箇所の補完など）を経て、マネキンドライバ（関節への弱い拘束）として AnyBody へ入力される。これにより筋骨格モデルの動作が確定し、逆動力学計算により、筋活動量が算出される。

#### 3.2 実験手順

単眼カメラによる推定（図1(a)）においては、平面的な動作を行い、その筋活動量を算出した。複数カメラの推定（図1(b)）においては、歩行動作を行い、同様に筋活動量の算出を行った。

## 4. 結果

#### 4.1 OpenPose(2D) + AnyBody + 平面動作

図2に示すように、腕を上げ下げした動作に正しく連動して、上腕筋の筋活動量が上下することが観察された。

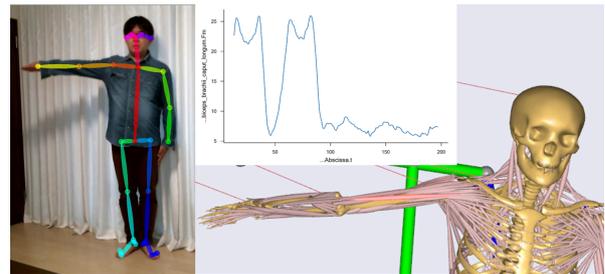


図2 二次元姿勢推定時の筋活動量の計算結果

#### 4.2 OpenPose(3D) + AnyBody + 歩行動作

キーポイントの推定位置が甘く、歩行時に足が上がりきらないなど、意図した動作を AnyBody に入力させることができなかった。また、特に奥行き方向の推定が正確でなく、上半身全体が前のめりになってしまうなどの現象が確認された。これら意図しない動作のため、図3のような、不自然な筋活動量が算出されてしまった。

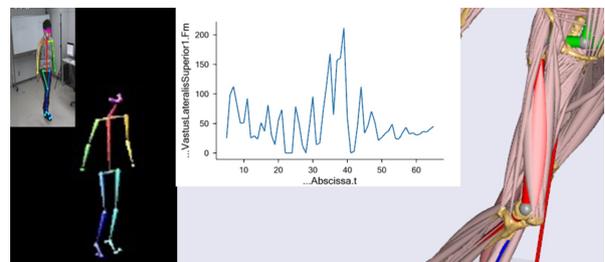


図3 三次元姿勢推定時の筋活動量の計算結果

## 5. おわりに

本研究では、単眼カメラからの二次元姿勢推定および複数カメラからの三次元姿勢推定を行い、これを筋骨格シミュレータ AnyBody の動作制約として入力とし、筋活動量の算出を行った。平面上の動作に限定した場合、二次元姿勢推定によって、意図した通りの出力が確認できた。一方、複数カメラからの三次元姿勢推定については、キーポイント精度が不足しており、正しい計算結果を得ることができなかった。

今後は、LSTM などで時系列データとして後処理を加えるなどの方法で、複数カメラからの三次元姿勢推定の精度を高めていくことを検討している。

## 6. 参考文献

- [1] Zhe, C., Gines, H., Tomas, S., Shih-En, W., Yaser, S.: OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.43, No.1, pp.172-186 (2021).
- [2] Nakano, N., Sakura, T., Ueda, K., Omura, L., Kimura, A., Iino, Y., Fukashiro, S., Yoshioka, S.: Evaluation of 3D Markerless Motion Capture Accuracy Using OpenPose With Multiple Video Cameras; Frontiers in Sports and Active Living, Vol.2, pp.50 (2020).