

〔兵庫県 COE〕

健康/運動/生活データの統合・解析・シミュレーションによる健康増進システムの開発

後藤泰徳、平田一郎、福井航、福田純

1 目的

本研究は、各個人の健康診断データ・体力測定データ・日常生活情報データを起点とする健康増進システムを開発することで、健康経営による産業力維持、自身の気づきからスポーツや運動への意欲形成を促進することによる健康増進に伴う各個人の QOL 向上などの実現を目的とする。

下記 4 つのプロジェクトチームにより研究を行い、当センターは「2. 健康/運動/生活データ計測・表示に関する研究」を担当した。

1. 健康/運動/生活データ解析・予測に関する研究
2. 健康/運動/生活データ計測・表示に関する研究
3. 健康/運動/生活データベース構築に関する研究
4. 健康増進システムの実装に関する研究

2 実験方法

生活習慣に対応した健康増進メニューを提案するため「日常の行動から筋活動量を計算する仕組み」について検討した。上記を実現するためには運動時の姿勢にもとづく筋活動量を事前に算出しておく必要がある。そこで下記の 2 点について検討した。

1. 姿勢動作にもとづく筋活動量のシミュレーション
2. 日常動作の簡易計測方法

2.1 姿勢動作にもとづく筋活動量のシミュレーション

歩行能力の低下は日常生活動作レベルの低下に繋がる。特に歩行速度は、死亡リスクとの関連性も強く高齢者の身体機能、日常生活機能の指標とされている。歩行速度や姿勢の違いによる筋活動量の違いを可視化することにより歩行動作の改善を促すことが期待できる。そこで「歩行姿勢による健康指標を示す」ことを想定し、複数の歩行姿勢の筋活動量を計測した。

実験では 3 種類の歩行姿勢（一般的な歩行姿勢、小幅で前傾姿勢による歩行、大腿で後傾姿勢による歩行）での活動量を比較した。筋活動量を計測するための方法として、計測対象と想定した筋肉に「表面筋電センサ」と言われるセンサを貼り付け計測するのが一般的である。今回、被験者の脚部 4 箇所（大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭）に表面筋電センサを貼り付け、解析システム（株式会社クレクト製、biosignalsplux）を使い上記 3 種類の姿勢での歩行をお願いした。

表面筋電センサによる計測方法は、計測箇所に表面筋電センサを取り付ける必要があり、多人数の計測や、様々な筋肉部位を分析することは大変である。そこで、表面筋電センサを貼り付けなくても解析できる方法として、筋骨格シミュレーションソフトにより活動量を解析する方法について検討した。筋骨格シミュレーションは、人体のメカニズムについてモデリングを行うソフトウェアシステムである。個々の筋・関節力・代謝・腱の弾性エネルギー・拮抗筋力等の「人体各部分に作用する力」をコンピュータ上で計算することができる。しかし筋骨格シミュレーションソフトで筋活動量を計算するためには「人の動き（動作姿勢）のデータ」が必要となる。そこで、モーションキャプチャシステム（株式会社ノビテック製、VENUS 3 D）と言われる動作を計測するための装置を用いて歩行姿勢を計測した（図 1）。



図1 歩行姿勢の計測実験

2.2 日常動作の簡易計測方法

表面筋電センサを貼り付けなくても「動作のデータ」があれば筋活動量を計算できることがわかった。しかし、筋骨格シミュレーションモデルで解析するために必要な動作データを計測するためには「モーションキャプチャシステム」のような装置を用いて動作を計測する必要がある。今後、健康増進システムを運用することを考えた場合、モーションキャプチャシステムを毎回使用して計測することは現実的でない。そこで、簡易に動作を計測する方法について検討した。

モーションキャプチャシステムを用いなくても計測できる方法として、これまでに測距センサを壁面あるいは人に貼り付けて歩幅を計測する方法や、靴や歩行器、車いす等に加速度を計測するセンサ（IMU センサ）を取り付けて、加速度情報から動作を推測する方法について検討してきた。ただ上記の方法は「推測するための動作データ」を予め収集しておく必要があるため、推測可能な動作が限定される。そこで別の方法についても検討した。より多くの環境で、様々な日常動作データを収集する方法として、カーネギーメロン大学が開発し、オープンソースソフトウェアとして公開・共有されている OpenPose¹⁾で検出された2Dの人体骨格構造から3Dの人体モデルを生成する3d-pose-baseline²⁾を活用した。この方法は、深層学習により人物の骨格を推定するアルゴリズムで、カメラ等で撮影した動画から人の姿勢（骨格）データを検出することができる。そのため、モーションキャプチャシステムを使う必要も、人にセンサを装着する必要もなくなり、様々な環境での計測が可能となることがわかった。本実験では、深層学習による人体骨格抽出モデルの精度を検証するため、「右肩の外転/内転運動（図2）」を動画とモーションキャプチャで同時に計測して精度検証を行った。



図2 右肩の外転/内転運動

3 結果と考察

3.1 姿勢動作にもとづく筋活動量のシミュレーション

表面筋電センサで計測した大腿直筋の活動量比較データを図 3 に示す。この筋肉は「股関節の屈曲と膝関節の伸展」に大きく関わる箇所である。本実験で、歩幅を大きくすると筋肉の活動量が大きくなることを確認できた。

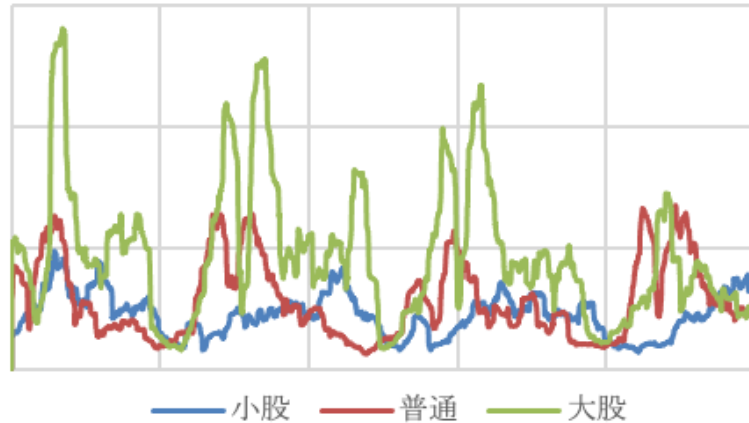


図 3 筋電センサによる大腿直筋の筋活動量比較

歩行実験の際に計測した動作データをもとに筋骨格シミュレーションソフトウェアで大腿直筋の筋肉の活動量を計測した結果を図 4 に示す。「普通歩行」の活動量が表面筋電センサで計測した値よりも比較的大きくなり、「小股歩行」は小さい値になっているが、3歩行の活動量による差を可視化できることがわかった。以上のことからシミュレーション結果と表面筋電データの傾向が似た結果となれば、今後は表面筋電センサを貼り付けて計測しなくても筋活動量の可視化が可能となる。

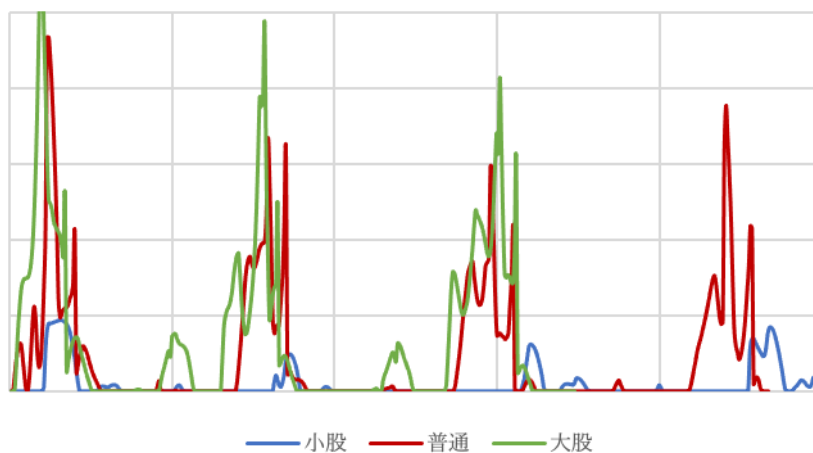


図 4 筋骨格シミュレーションによる大腿直筋の比較

2.2 日常動作の簡易計測方法

右手首の座標値 (X,Y,Z) について、モーションキャプチャで取得したデータ (実線) と 3d-pose-baseline により取得したデータ (破線) を図 5 に示す。図 2 の画面横方向が X、縦方向が Z、奥行方向が Y を示している。この結果から上下左右方向は比較的精度が高いことを確認することができた。

以上により、深層学習により人物の骨格モデルを推定するシステムを活用することにより、ビデオカメラ等で撮影した人物の映像から日常動作に計測可能であることがわかった。

1 カメラ (2D 推定)、1 カメラ (3D 拡張)、3 カメラ (3D 推定) の 3 パターンで筋骨格シミュレーションを行った結果、平面的な動作であれば 1 カメラ (2D 推定) でも解析できる可能性があると分かった。1 カメラ (3D 拡張) の場合は骨格の可動域上無理な推定結果が出力されることが多く、そのまま解析するのは難しいと分かった。3 カメラ (3D 推定) は拘束条件を調整することで解析できる可能性があると分かった。今後はモーションキャプチャでの解析結果と比較することで、OpenPose を利用した解析結果の妥当性を検証していく予定である。

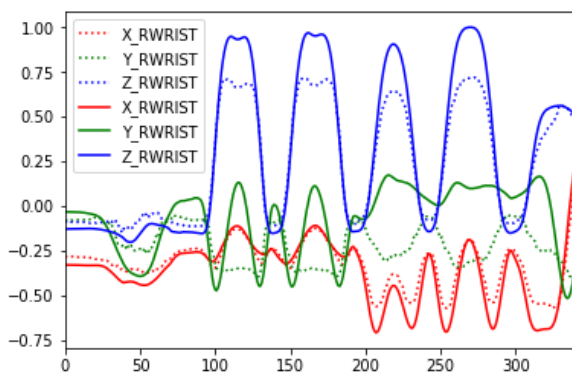


図 5 右手首の座標値の比較 (実線：モーションキャプチャ、破線：AI)

4 まとめ

本報では、健康増進に伴う各個人の QOL 向上の実現を目的として、健康/運動/生活データ計測・表示に関する研究結果について方向した。「姿勢動作にもとづく筋活動量のシミュレーション」および「日常動作の簡易計測方法」について検討した。

筋活動量のシミュレーションについては、動作データをもとにコンピュータ上で解析可能であることがわかった。

日常動作を簡易に計測する方法について、OpenPose を活用することにより、動画データから骨格抽出が可能であることがわかった。

参考文献

- 1) Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.43, No.1, pp.172-186, 2021
- 2) Julieta Martinez, Rayat Hossain, Javier Romero, James J. Little, A simple yet effective baseline for 3d human pose estimation, Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 2640-2649, 2017

(問合せ先 後藤泰徳)