

センサデータとカメラ映像を同期させた詳細な歩行分析手法

伊藤 将[†] 藤田 悟[‡]法政大学大学院 情報科学研究科[†] 法政大学 情報科学部[‡]

1. まえがき

私たちが普段の日常生活で大半を占めている行動が、人間の基本的な行動のひとつである歩行である。この歩行を詳しく分析することで様々な情報を取得し、それらを幅広い分野において有効活用する歩行分析の研究が盛んに行われている。これらは、日常生活は勿論のことスポーツの分野などに応用が考えられるが、主要なものは医療の分野である。具体的には患者の歩行を分析することで、麻痺や筋力の低下といった歩行困難を引き起こす原因を究明し、その後の治療法を展開することが出来る。しかし従来の歩行分析には問題点がある。基本的に分析は主に理学療法士が肉眼で行うため、観察箇所が多いと瞬時に判断出来ず何度も歩行を行うことが予想される。そのため患者と理学療法士両方の負担が多くスムーズに行うことが出来ない。さらに分析には経験や勘から基づく場合も多いため、新人と熟練の臨床心理士とでは差が出てしまう。そこで、両者の負担をなるべく軽減し、なおかつ新人でも容易にでき、見落としが少ない歩行分析システムの研究が行われている。

2. 関連研究

歩行分析の研究は数多く行われているが、使用するデバイスによってさまざまな手法が存在する。中でも主力なのが加速度・ジャイロセンサ、画像から分析するものである。終らの研究[1]では左下肢の大腿、下腿、足部の3箇所眼角速度センサを取り付けることで股関節、膝関節、足関節の平均速度を求め歩行分析を行っている。また、渡辺らの研究[2]では単一のウェアラブルカメラのみを用いることで、カメラ内の変動から身体姿勢と大域的な位置を推定し、歩行動作をパラメータ表現している。しかしそれぞれの手法にはメリットとデメリットが挙げられる。

加速度・ジャイロのセンサデータのみの場合、波形に対応する被験者の動作箇所がわからず動画で確認しなければならない。また、カメラ映像のみ場合、センサに比べ特徴量が少なく映像外では特徴量が算出できない。そこで本稿では、加速度センサとカメラ映像を同期させることで、それぞれのデータ性質の違いを比較、分析していく。

3. 解析手法

3.1. センサとカメラの同期

今回はより詳細な歩行分析が行えるように、高性能の加速度・ジャイロセンサとして ATR-Promotions 社の TSND121 を使用し、カメラ映像には Gopro 社の HERO6 を使用する。しかし、それぞれの時刻は独立しており、センサは PC と Bluetooth 接続で時刻同期されるがカメラ映像は時刻同期できない。そこで今回はカメラ映像内に PC のシステム経過時刻を映すことで、センサとカメラを時刻同期させる。1 フレーム目の時刻を手動で確認し、それを元に2フレーム以降の時刻をフレームレートから算出していく。

3.2. カメラ映像からの特徴量

カメラ映像から得られる特徴量は様々だが、今回はまず基本的なものとして関節位置の変動を算出する。Kinect のように赤外線を用いた推定も考えられるがノイズが多いため、より詳細で正確なデータを取得するためにマーカーによる画像追跡の手法を用いた。具体的な手法としては、歩行の特徴が現れやすいとされる足の関節の膝と足首にカメラに映るようマーカーを装着し撮影を行う。その後、OpenCV を用いて1フレームごとにマーカー部分のみを抽出し、中心位置を求めていくことで歩行時の足の関節の軌跡が求まる。さらに今回はカメラ映像での特徴量とセンサが示す特徴量の違いを詳しく調べるため、カメラ映像の特徴をセンサに合わせる。先ほど算出した関節の変位を2階微分することで加速度として扱うことが出来るのだが、このまま

Gait analysis method with synchronized sensor data and camera image.

[†] Graduate School of CIS, Hosei University

[‡] Faculty of CIS, Hosei University

ではノイズが多くみられる．そこでさらにローパスフィルタを通すことで，最終的にカメラ映像からの加速度として比較することが出来る．この時のローパスフィルタの値 α は0.8とする．

4. 実験

4.1. 実験環境

実際の歩行において提案手法の正当性を確認する実験を行った．加速度・ジャイロセンサのサンプリングレートは10msとし，計2個を膝と足首に装着する．この時の軸は進行方向をx軸マイナス方向，鉛直方向をy軸マイナス方向とする．そして，その上から緑色のマーカーを装着する．また，カメラ映像は120fps，1080pで撮影を行った．この条件下でセンサの軸方向に合わせ全長約6mを歩行し，その時のセンサデータとカメラ映像のデータ収集を行った．その後，3章で述べた解析手法を用いてセンサデータとカメラ映像から得られた特徴量の有効性を調査する．この時センサデータのy軸方向に重力加速度が加わっているため，比較を行う際には重力成分を除去する．

4.2. 実験結果

実験の結果の一部を図1，図2に示す．図1には膝に取り付けたセンサデータの加速度とカメラ映像から求められた加速度を示しており，上段がx軸，下段がy軸となっている．図1をみると，センサデータは全体的に滑らかになっており，所々瞬間的に大きい値が出現している．カメラ映像の加速度は全体的にノイズが多く，センサデータのような瞬間的な値は出現していない．そこで，ノイズ除去のためのフィルタリングをセンサデータの加速度とカメラ映像からの加速度に適用した結果を図2で示している．2つは似たような波形が見られ，この波形の相関値を算出すると膝のx軸では0.78，膝のy軸では0.93を示した．

5. 考察

図1のようにセンサデータに比べカメラ映像から変換した加速度にはノイズが多かったが，これは120fpsで映像を取得していたため2フレーム間にピクセルレベルで変動が無い場合が存在し，結果としてノイズを引き起こしたと考えられる．また図2の結果では，2つの波形の相関値0.78と0.93からセンサデータとカメラ映像の特徴は強い相関があることがわかる．

以上のことからセンサデータは瞬間的な動作

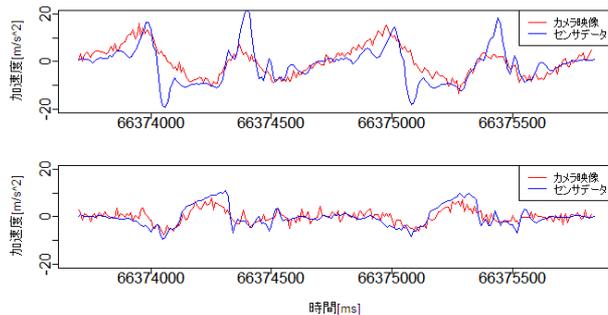


図1 歩行時の膝のx軸，y軸加速度グラフ

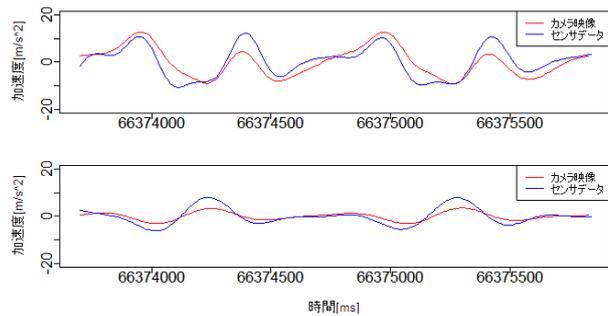


図2 フィルタを通した後の加速度グラフ

を表している一方でカメラ映像では大まかな動作を表していると考えられ，目的に応じて使い分けることができるのではないかと考えられる．

6. むすび

本研究ではセンサデータとカメラ映像を同期させることで，センサによる歩行分析とカメラ映像の歩行分析を統合させた新たな歩行分析の手法を提案した．さらに，より詳細な分析を行うために高性能のセンサとカメラを用意した．結果としてカメラ映像から得られる加速度はノイズが多く，一見特徴量として見られないが，フィルタリングを行いセンサデータとの相関を示すことで信頼性のあるデータだとわかった．しかし，本来はフィルタリング無しでも特徴量として扱えるはずである．予想される要因としては歩行時に重力方向の軸が絶えず変化するため，x軸にも影響を与えると考えられる．そこで，今後は問題点を改善するとともに本稿で得られている良好な結果をもとに，センサとカメラの歩行分析を統合した，さらに深い歩行分析に繋がっていきたいと考えている．

参考文献

- [1] 柘幸伸，加藤宗規，佐藤仁，丸山仁司，“3軸角速度センサを用いた動作分析の試み，”理学療法科学，vol.20，no.2，pp.93-98，2005.
- [2] 渡辺義浩，畑中哲生，小室孝，石川正俊，“単一のウェアラブルカメラを用いた人間の歩行動作推定，”日本バーチャルリアリティ学会論文誌，vol.17，no.3，pp.219-229，2012.