

3 軸加速度センサを用いた高齢者の歩行能力解析と最適化に関する考察

瀬尾敦生[†] 香川聖雄[†] 長尾和彦[†]

弓削商船高等専門学校[†]

1. はじめに

高齢者が健康に生活するためには、歩行能力の維持が重要となる。歩数計の販売数が大きく伸びたことから、歩くことに対する意識が高いことが見られる。近年普及しているスマートフォンなどでは、GPS や加速度センサが組み込まれており、ジョギングやウォーキングの活動記録として利用されることが多くなっている。しかし老化・運動不足・不適切な姿勢により膝や腰を痛める事例が少なくない[1]。

我々は、先行研究において、3 軸加速度センサを用いたジョギング用膝負荷計測システムの開発を行い、リアルタイムに膝負荷のモニタリングを行うことで、走行フォーム修正に役立つことを確認した[2]。

本研究では、高齢者を対象として、歩行時の姿勢や膝負荷に関する計測実験を行い、高齢者に適した歩行支援システムの開発を目的とする。

2. ジョギング用膝負荷計測システムの概要

ジョギング用膝負荷計測システムは、3 軸加速度センサと心拍計、スマートフォンを利用する。両膝と背中に小型の三軸加速度センサ、胸部に心拍計を取り付け、bluetooth でスマートフォンと接続する。走行・走行中の膝や姿勢の状態を収集・分析し、心拍計から運動強度の測定を行う。また、リアルタイムにイラストとグラフで膝負荷や姿勢角を表示し、アドバイスをテキストおよび音声でランナーに伝える。システム構成図を図1に示す。

2.1 膝負荷と姿勢角の測定

ジョギング中は、各センサからのデータを取得し、膝負荷と姿勢角を分析する。膝負荷は運動方程式 $F[N]=m[kg] \times a[m/s^2]$ を元に算出している。大腿部よりも上の質量（体重の約 0.8 倍）と取得した膝部分の加速度から、床反力・左右・前後の方向にそれぞれ求める。センサは走行時の加速度のみを取得するため、ハイパスフィルタを用いて高周波成分のみを取得した[3]。

ランナーはジョギング中に画面を見ることが困難であるため、アドバイス等の情報は音声で伝えるとともに、腕時計型デバイスによるバイブレーションにも対応する。スマートフォンには、詳細なグラフとイラストを表示する(図 2)。また、取得したデータはスマートフォン及び web 上のデータベースに保存される。

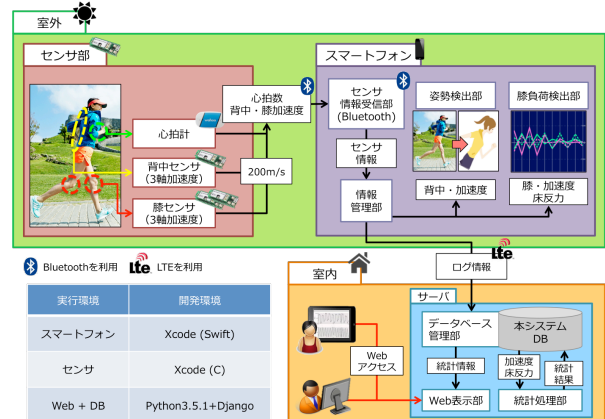


図1 計測システム構成図

3. センサによる運動エネルギー推定と歩容計測

歩行運動のモニタにおいて、我々は両膝に装着した 3 軸加速度センサを用いて測定を行った。床反力・左右・前後方向の加速度が取得できるため、これらを測定することで、歩容の違いを測定できると考えた。

床反力方向の加速度では、被験者がどの程度のエネルギーで歩行を行っているかが判断できる。左右の値の違いによるバランス状態が判断できる。



図2 ジョギング支援時の画面表示

A Study on Analysis and Optimization of Walking Abilities of Senior by using Triaxial Accelerometers

[†]Seo Atsuki, Kagawa Seiyu, Nagao Kazuhiko
National Institute of Technology, Yuge College

4. 測定実験

2017 年 5 月から 6 月にかけて、若者 10 名と 65 歳以上の高齢者 10 名を対象にデータの取得間隔を 100ms として 1 回目の歩行実験を行った。この 1 回目の実験は若者と高齢者の歩容を比較し、それぞれの歩容における特徴を抽出することを目的とした。被験者の両膝にセンサを装着し、グラウンドまたは舗装道路で 400m 程度の歩行を行ってもらった。

膝と足の加速度のデータの値の比較のため、2017 年 12 月から 2018 年 1 月にかけて、若者 4 名(男 2 女 2)を対象に膝と足のデータの違いを計測するためにデータの取得間隔を 40ms として 2 回目の歩行実験を行った。

被験者 A(20 代男性)の 1 回目の加速度の推移グラフを図 3、2 回目の加速度の推移グラフを図 4、被験者 B(20 代男性)の膝と足の甲の右足の x 軸の加速度の推移グラフを図 5 に示す。

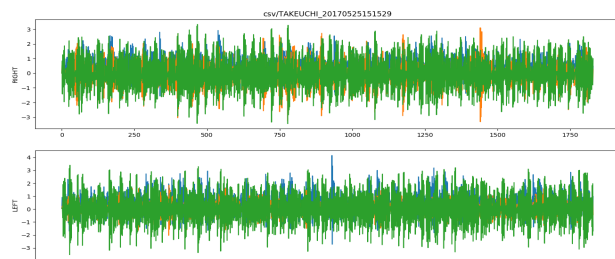


図 3 歩行時の加速度遷移
x 軸(上下), y 軸(左右), z 軸(前後)
被験者 A 20 代 男性(5 月)

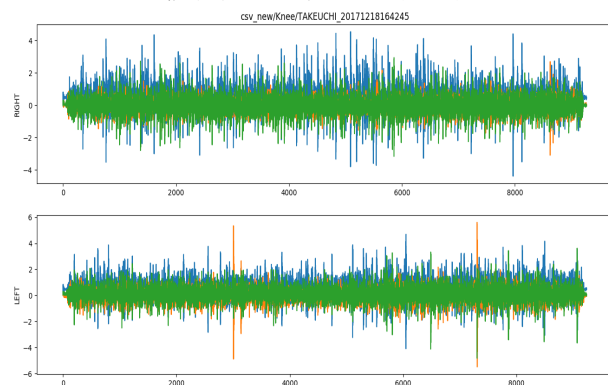


図 4 歩行時の加速度遷移
x 軸(上下), y 軸(左右), z 軸(前後)
被験者 A 20 代 男性(12 月)

5. 考察

1 回目の実験で被験者 A は青色の x 軸(上下)の加速度の波形より、緑色の z 軸(前後)の加速度の波形の方が大きいことが図 3 から確認できる。この傾向は若者にのみ見られた。また、図 3 の両足のデータを比較して加速度の波形が大きい方が利き足であるということがわかる。他の被

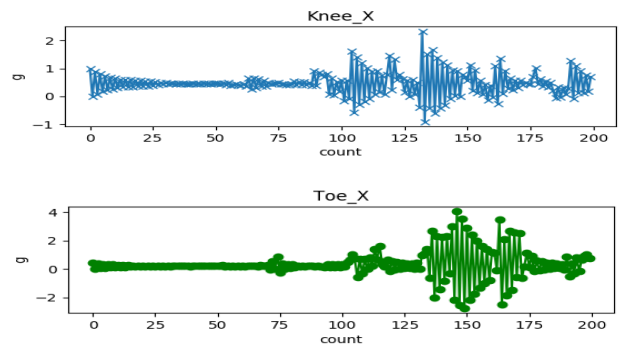


図 5 歩行時の加速度遷移 x 軸(上下)
被験者 B 20 代男性(12 月)

験者からも同様の傾向が得られた。

2 回目の実験では、より正確な値を取るために、データの取得間隔を最小の 40ms にしたことによってデータの取得数が増えて各軸の加速度の値も大きくなっていることが図 3 と図 4 を比べることからわかる。また、図 4 の x 軸の波形が z 軸の波形より大きいことから 1 回目の実験では足と地面の接地時にデータの取りこぼしがあったのではないかと考えられる。

新たに装着した足の甲のセンサのデータと、膝のセンサのデータは近似していることが図 5 より確認できる。このことから足の甲のセンサのみで膝のデータを推定することが可能なのではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究では、3 軸加速度センサを用いてデータの取得間隔と測定部位の違いによるデータの比較を行った。今後は、今回取得した加速度のデータから関節位置を推定した後、そのデータが実際の膝関節の位置とどれくらい誤差があるのかを調べるために kinect 等の深度センサを利用して求め、センサの高精度化を行う。

また、現在のシステムを歩行支援用に改善していく予定である。

7. 参考文献

- [1] 牧川 方昭, “加速度センサを用いた日常身体活動のモニタリング”, 生体医工学, Vol. 54, No. 3(2016)
- [2] 井上 香澄, 瀬尾 敦生, 長尾和彦, “スマートフォンと小型 3 軸加速度センサを利用した膝負荷低減システムの開発”, 情報処理学会第 79 回全国大会(2017).
- [3] 鷲澤 史歩, 中田 明大・柳沼 義典, “小型のウェアラブルセンサを用いた姿勢計測”(2015)