

スマートフォンと小型3軸加速度センサを利用した膝過負荷低減システムの開発

井上 香澄[†] 瀬尾 敦生[†] 長尾 和彦[†]

弓削商船高等専門学校[†]

1. はじめに

近年日本では一人ひとりの健康を実現するため、習慣的に運動を行う動きがみられる。中でもジョギングは初心者でも気軽に取り組むことのできる運動として注目されている。しかし、フォームの乱れによる靭帯への過負荷からくる膝の痛み・怪我に悩む人が多いのが現状である。フォーム改善のために高速度カメラやモーションセンサを利用した支援システムが存在するが、主にアスリート向きで一般人が容易に入手し、利用できるものは無い。そこで我々はスマートフォンと3軸加速度センサを利用し、リアルタイムに膝過負荷を軽減する支援を行うシステムを開発した。

2. システム概要

本システムは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3軸加速度センサを、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。膝や姿勢の状態を収集・分析し、心拍計から運動強度の計算を行う。また、リアルタイムにイラストとグラフで膝過負荷や姿勢角を表示し、アドバイスをテキスト及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。

3. 提供する機能

3.1. ジョギングメニュー提案機能

システムで提供する標準メニューとランナーの体力・長期的な目標をもとに、一日分のジョギングメニューを作成する。

3.2. ジョギング支援機能

ジョギング中は、各センサからのデータを取得し、膝過負荷と姿勢角を分析する。膝過負荷は、運動方程式 $F[N]=m[kg] \times a[m/s^2]$ をもとに算

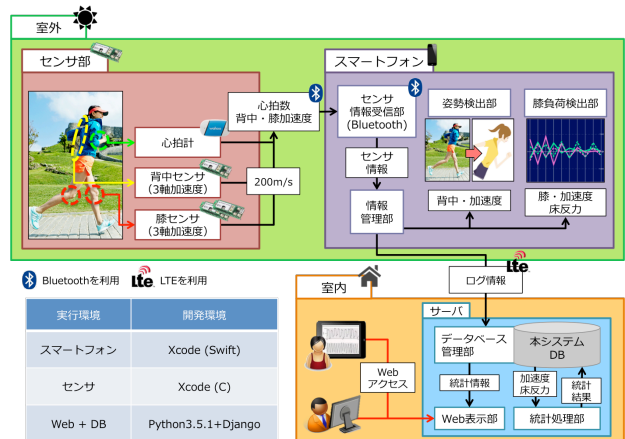


図1 システム構成図

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、床半力・左右・前後の方向にそれぞれ求める。走る際に生じる加速度のみを抽出するため、加速度センサにローパスフィルタを用いている。姿勢角は背中の加速度をもとに計算している^[1]。ランナーはジョギング中に画面を見ることが困難なため、アドバイスなどの情報は音声で伝える。Apple Watchによるバイブレーション通知にも対応する。スマートフォンを指導者が持ち、伴走することを考慮し、画面上には詳細なグラフとイラストを表示している(図2)。また取得した情報は、スマートフォンとWeb上のデータベースに保存される。



図2 ジョギング支援機能

Development of Knee Load Monitoring System using Smartphone and Three-axis Accelerometer
[†]Inoue Kasumi, Seo Atsuki, Nagao Kazuhiko
 National Institute of Technology, Yuge College

3.3. ジョギング分析機能

ジョギング後は、データベースに保存した情報をもとに、走行距離、速度はもちろん、膝過負荷や姿勢角を見直すことが可能である。姿勢やペースの乱れなどの傾向を確認し、走りの欠点を修正することができる。また 1km ごとの記録、ジョギング後の気分や感想を選択、記入することも可能である。

4. 既存サービスとの比較

表 1 に本システムと他システムを比較した結果を示す。

表 1 他システムとの比較

	膝過負荷 可視化	姿勢角 可視化	ジョギング 支援	トレーニング 支援	リアル タイム	コスト
本システム	○	○	○	○	○	約2万円 (試作機)
RunKeeper	×	×	○	○	○	無料
miCoach SMART RUN	×	×	○	○	○	約5万円
Stridalyzer	○	×	△	×	○	75ドル (約8千円)
JINS MEME	×	△	○	○	○	約2万円
Enflux Exercise Clothing	×	○	×	×	○	想定価格 399ドル (約4万円)

RunKeeper はジョギング支援アプリケーション、miCoach SMART RUN は心拍計を搭載したトレーニング支援を行う腕時計型デバイスである。それぞれ GPS を利用した走行距離、時間の計測ができるジョギング支援や設定した目標をもとにメニューを提供するトレーニング支援はあるがフォーム改善のための機能は対応していない。

Stridalyzer はセンサ内蔵のインナーソールである。膝負荷の可視化が可能だが姿勢角に対応していない。

JINS MEME はメガネのウェアラブルデバイスである。6 軸加速度ジャイロセンサを内蔵し、体軸を検出することはできるが膝負荷の可視化に対応していない。

Enflux Exercise Clothing はセンサを内蔵したスマートスーツである。全身 10 箇所に 3D センサを内蔵し、腕・脚・胴体などの各部の体の動きを可視化することができるが、膝負荷の可視化はしていない。

5. 考察

本研究は膝の痛み・怪我の原因となるフォームの乱れを修正するためのシステムを提案、開発した。ジョギング支援を行うシステムは数多くあるが、フォーム改善に重要である膝負荷及び姿勢角の可視化をリアルタイムに確認・修正

するための機能を持ち、スマートフォンと少ないセンサでそれらを実現したものは存在しない。このことから本システムには有用性があるといえる。

6. アンケート結果

一般ランナーの方々(10~50 代、10 名)に本システムを利用してもらい、システム評価アンケートを行った。8 割以上の方がデバイスの装着性が非常に良く、音声ナビゲーションも適切であったという評価を得た。図 3 にアンケート結果を示す。

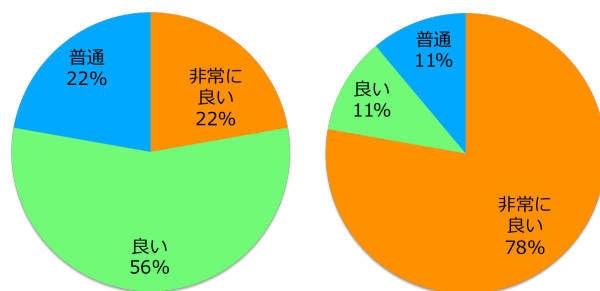


図 3 システム評価アンケート結果
左: デバイスの装着性 右: 音声ナビゲーション

7. 今後の課題

現在、ジョギング中の膝過負荷や姿勢角は加速度センサが無いと取得できない。専門家へのデモンストレーション時にも、センサを数台購入しないとこれらの機能が使えないのは敷居が高いのではないかという指摘を頂いている。そこで、ユーザにニーズに合わせて本システムを提供するため、スマートフォンだけでも膝過負荷や姿勢角を取得する技術を研究する予定である。

8. おわりに

本システムはジョギング支援を対象としたが、加速度センサや心拍計などの小型センサの活用を行うことで、様々なスポーツのフォームの改善や研究に応用することが可能である。一般人だけでなく、アスリートやコーチ、専門家などといった利用者の目的に応じて対応範囲を広げていきたい。

9. 参考文献

[1] 鷺澤史歩・中田康之・猪又明大・柳沼義典 (2015) 小型のウェアラブルセンサを用いた姿勢計測