

アンドロイドアプリケーションを利用した 短距離走レース計測のための測定システムの開発と計測

畠 圭佑[†] 塩野谷 明[‡]

[†]長岡技術科学大学大学院 [‡]長岡技術科学大学

1. はじめに

陸上競技における短距離種目の中でも、100m走は国際大会において花形的な競技であり、注目度も高い。そのため、キネマティクス、キネティクスの分野で多くの研究がなされている。しかし、100m走の全体を計測するためには大規模な施設が必要であり、最大疾走速度の研究やスタート動作の研究といった区間に限定した解析となってしまう。実際の100m走においては速度が常に変化しており、特定の区間の測定や一定の速度での解析では100m走全体のメカニズムを明らかにするのは困難である。そこで、本研究では100m走における身体動作の変化をスタートからゴールまでの全体を通して計測するために、装着型のセンサシステムに着目した。本研究の目的は、まず実レースを計測できる装着型のセンサシステムを加速度センサおよびジャイロセンサを主な測定ユニットとして作成し、さらにできるだけ恒常的にトレーニングで使用できる手軽さと安価な運用性を実現したシステムを開発することである。

2. 測定システムの構成

本研究の測定システムは、図1に示すように加速度・ジャイロセンサ、センサを制御し測定を行うプロセッサ、データを収録するタブレット端末で構成される。

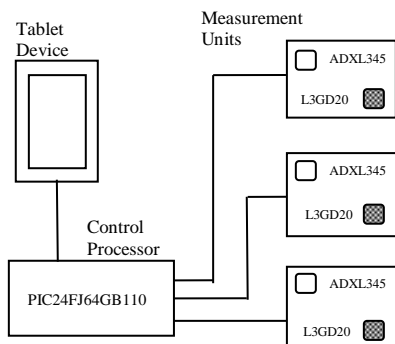


図1 測定システムの構成

本研究では加速度・ジャイロセンサとしてMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)を採用した。加速度センサ(Analog Devices社製 ADXL345)およびジャイロセンサ(STMicroelectronics社製 L3GD20)はすべて3軸測定可能なタイプである。これらのセンサは2つをまとめて測定ユニットとして制御用プロセッサであるPIC24FJ64GB110にI²C規格により接続される。これらの測定ユニットは被験者の右脚側股関節、膝関節、足関節の関節の可動を測定できる箇所に装着される。外観を図2に、身体の測定点の概略図を図3示す。

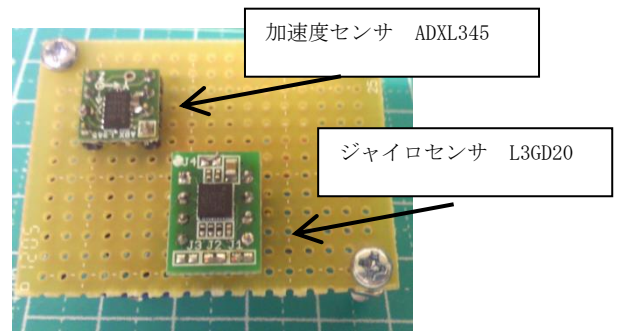


図2 加速度センサおよびジャイロセンサの外観

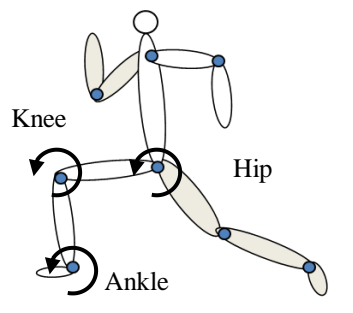


図3 測定箇所の概略

3. ソフトウェアとアルゴリズム

3.1 ソフトウェア

測定ユニットにより計測されたデータは制御用プロセッサを通して収録用端末に送られる。

Development and Measurement of Biomechanics Measurement System Utilizing the Android Application for Sprint Running

[†] Keisuke Hata · Nagaoka University of Technology

[‡] Akira Shionoya · Nagaoka University of Technology

収録用端末は Android OS 搭載型のタブレット端末を採用し、ソフトウェアはアンドロイドアプリケーションで作成した。ソフトウェアには測定したデータを端末内に収録する機能だけでなく、座標変換や動力学計算といったパフォーマンスを評価するために必要なデータを計算する機能を搭載している。

3.2 アルゴリズム

まず、前提として本研究におけるアルゴリズムは矢状面の二次元平面上で行われると仮定している。測定ユニット上の加速度センサから出力されるデータは加速度センサの座標軸上のデータである。そのため、重力の方向を基準とし、重力の方向と加速度センサの座標軸の角度の回転行列をかけることによって加速度データの補正を行った。また、身体動作によりセンサユニットは回転するため、逐一ジャイロセンサの角速度データから回転角度を算出し、データの補正を行っている。

これらの補正された加速度データおよび角速度データから動力学データの計算を行う。まず得られた加速度データから、各身体分節と身体重心付近の加速度の積を身体分節分を足すことによって床反力とした(式1)。

$$GRF = m_s(\vec{a}_s + \vec{a}_{Es}) + m_t(\vec{a}_t + \vec{a}_{Et}) + m_b \vec{a}_h \dots\dots\dots (1)$$

m_b : 身体上部質量, m_t : 大腿部質量,
 m_s : 下腿・足部質量, \vec{a} : 加速度ベクトル

さらに、足関節トルクは、走動作における接地期の際に、身体が一本の棒状の振り舞いをすると仮定してモデル化し、ラグランジュ法により算出した(式2)。

$$\tau = \frac{3}{4} ml^2 \ddot{\theta} + mlg \cos \theta \dots\dots\dots (2)$$

θ : 身体の回転角度, m : 身体質量, l : 接地点から重心までの距離, g : 重力加速度
 τ : 足関節トルク

3.3 粘弾性要素の推定

本研究では、短距離における疾走パフォーマンスを評価する一指標として足関節の粘弾性要素の推定を、計測後のデータを用いて行った。粘弾性要素は、足関節角速度を入力、トルクを出力としたシステムとして捉え、オイラーの運動方程式を元とした伝達関数を求めることで推

定を行った。

$$G(s) = \frac{mIs}{Is^2 + cs + (k - mgl)} \dots\dots\dots (3)$$

未知数となる弾性要素 k および粘性要素 c は、角速度を周波数を持つ入力としてとらえることで周波数応答を求め、実験結果とフィッティングすることによって求めた。

4. 走動作の測定

測定システムを装着した状態で実走行実験を行った。被験者は身長 163cm, 体重 67kg の短距離種目を専門とした健常な男子大学生とした。走行実験は陸上競技場のトラックで行い、スターティングブロックによるブロッククリアランスから 60m 程度の区間を測定区間とした。測定されたデータとして垂直床反力とスプリング定数を示す。

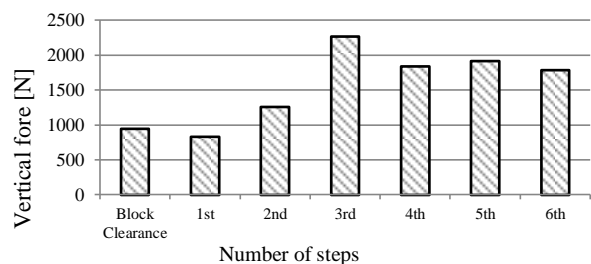


図4 垂直床反力の歩数による推移

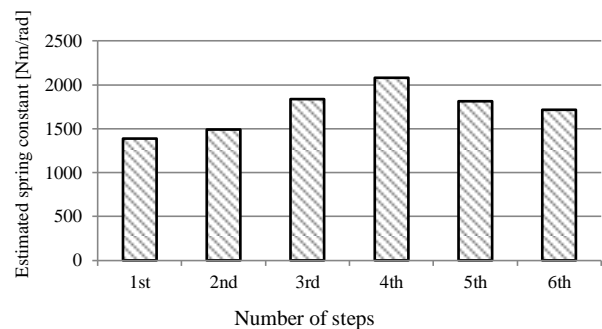


図5 スプリング定数の推移

5. まとめ

- (1) 加速度センサ, ジャイロセンサを組み合わせ、測定システムを作成した。
- (2) 床反力, トルク, 関節粘弾性を測定するアルゴリズムを導入したソフトウェアの作成をアンドロイドアプリケーションとして行った。
- (3) スターティングブロックを使用したスプリント測定実験を行い、データを取得した。