

FootbSense : 慣性計測装置を用いたサッカー動作認識モデルの検証

近藤 佑樹¹ 青柳 光璃¹ 石井 峻¹ 横窪 安奈¹ ロペズ ギヨーム¹

概要：スポーツの動作分析は、コーチやマネージャーがアスリートのパフォーマンスを評価するのに役立ち、戦略的な意思決定をサポートするための重要な情報となる。これまで、動作分析の研究として、ビデオベースシステムや、専用のスポーツウェアにセンサを組み込んで、体動データから運動量及び強度の解析が行われてきた。しかし、これらの解析システムは高価かつ装置が大きいことから、センサの装着位置や安全性に課題があるのが現状である。本研究では、市販の小型ウェアラブル慣性センサを用いて、一般のサッカー選手におけるスキル向上支援システムの開発を目的とし、サッカー動作の自動認識手法及び、センサ装着位置の影響を評価した。

FootbSense: Study of Soccer Motion Recognition Model Using an IMU

YUKI KONDO¹ HIKARI AOYAGI¹ SHUN ISHII¹ ANNA YOKOKUBO¹ GUILLAUME LOPEZ¹

1. 研究背景

スポーツの動きの詳細な分析を理解することは、コーチやマネージャーがアスリートのパフォーマンスを評価するのに役立ち、怪我のリスクを回避、トレーニングプログラムを最適化、戦略的な意思決定をサポートするための重要な情報を提供する。そのため、動作分析の研究として、ビデオベースシステム [1] や、専用のスポーツブラジャー又はシューズにウェアラブルセンサを入れて、体動データから運動量及び強度の解析が行われている [2]。しかし、これらのシステムは高価であり、エリートの一部しか利用できない。また、センサの位置の安全性および、デバイスのサイズが課題である。更に、技の識別および良し悪し判定ができていない。一方、近年スマートウォッチのみで、テニスや野球における腕の動作の良し悪し判定とフィードバックをリアルタイムで行えることを示している研究もある [3]。Alobaid 氏は、腹部に装着したスマートフォンの 3 軸加速度センサを利用して、機械学習モデルにより、シュート、パス、ヘディング、ランニング、ドリブルの 5 つのサッカー動作を 84% の精度で認識することが可能と示している [4]。

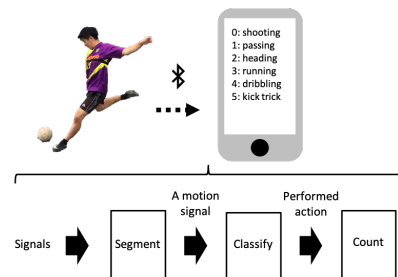


図 1 Schematic of proposed system outline

以上より、本研究は市販の小型ウェアラブル慣性センサを用いて一般のサッカー選手におけるスキル向上支援システムの開発を目的としている (図 1)。その為に 9 軸慣性センサ (IMU) 搭載のウェアラブルセンサを用いて、サッカーにおける 6 つの動きに対して、自動抽出方法及び、センサ装着場所の影響を評価した。

2. 提案システム

安価な小型ウェアラブル慣性センサとして、9 軸慣性センサ (IMU) 搭載の Movesense^{*1}を用いた。各動作の分割を行うために、3 軸加速度の生データからノルムを計算し、実験中に撮影したビデオを元に、各動作のピーク値を検出

¹ 青山学院大学
Aoyama Gakuin University

^{*1} Movesense, Suunto 社製, <https://www.movesense.com/>



図 2 Sensor wearing position (inside-ankle, lower back, upper-back)

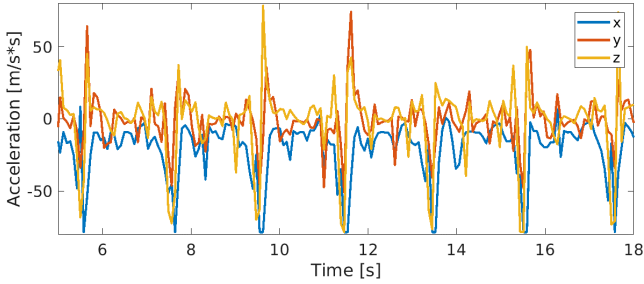


図 3 Example of raw acceleration data

した。ピークの前後 0.5 秒の加速度データから表 1 の特徴量を抽出した。この特徴量データセットに対して、8 つの機械学習モデルの精度評価を交差検証にて行った。

表 1 List of extracted features

Features	
1	Mean
2	Standard Deviation
3	Maximum
4	Minimum
5	Median
6	Maximum-minimum
7	Mode
8	Scale
9	Skewness
10	Integral

3. 精度評価実験

3.1 実験の概要

本実験では、サッカーにおけるランニング、ドリブル、ヘディング、パス、シュート、キックフェイントを対象とした。20～23 歳、サッカー経験が 6 年以上の右利き、10 人に協力頂いた。図 2 に示すように Movesense を 3 つの位置 (後ろ右足首、腰の下方、腰の上方) に装着して 6 つの動作 (R: run, D: dribble, H: heading, P: pass, K: kick, KF: kick feint) をそれぞれ 40-50 回行い、3 軸の加速度データを取得した。また実験中には、カメラを使用し被験者の動作を同時に記録した。

3.2 評価結果

まず、各動作の分割を行った。そのため、3 軸加速度デー

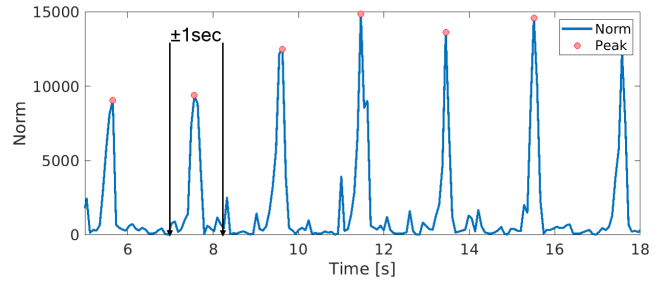


図 4 Example of result of data normalization, peak detection, and segment extraction

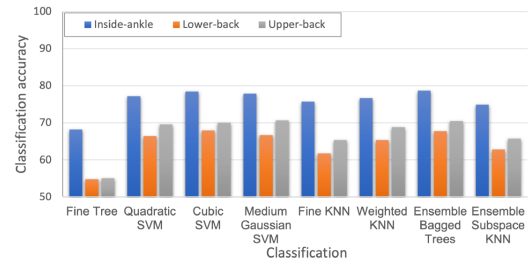


図 5 Classification accuracy depending on sensor position and machine learning model

タ (図 3) からノルムを計算し、実験中に撮影したビデオを照らし合わせながら、各動作中のピーク値を検出し、ピークのタイミング ± 0.5 秒の範囲を一つの動作だと過程した (図 4)。それらの範囲にあるデータから 10 個の特徴量 (平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値, 中央値, 最大値-最小値, 最頻値, 尺度, 歪度, 積分値) を抽出した。その結果, 表 2 のデータセットを得た。

表 2 sum-up of collected dataset

Movements	K	P	H	R	D	KF
Inside-ankle	621	699	290	385	445	321
Lower-back	699	697	339	373	447	292
Upper-back	561	501	280	386	423	265

この特徴量データセットに対して、複数の機械学習モデルの精度評価を交差検証にて行った (図 5)。Fine tree, KNN, Linear SVM, Cubic SVM, Ensemble bagged trees の内、どのセンサ位置においても Ensemble bagged trees の精度がもっとも高かった (inside-ankle: 77%, lower-back: 67%, Upper-back: 67%)。

また、サッカー動作の組み合わせごと、センサの位置による精度比較を行った (図 6)。どの組み合わせでも足首に装着したセンサの方が一番高い精度を実現している。一方、足により近い腰よりも、背中の方が多くの組み合わせにおいて、70%以上の良い精度を実現している。

4. まとめと今後の展望

本研究では、サッカーにおける run, dribble, heading, pass, kick, kick feint に対して、動作の自動抽出方法及び、3 つの装着場所における動作の自動識別モデルを提案し、その精度を評価した。Run/dribble, kick/pass, kick/kick

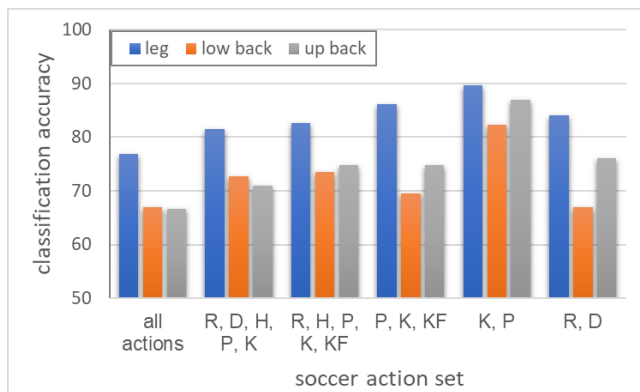


図 6 Classification accuracy of Ensemble Bagged Trees depending on sensor position and action set

feint などの似ている動作が識別可能であることと、より安全な装着位置である upper-back でも識別可能であることが分かった。今後は、特徴量の工夫および選定と、学習モデルのパラメータ最適化による精度向上を図る。また、サッカーの各動作の分割を自動で検出できる手法を考案する。最終的には一般のサッカー選手が試合・練習中スキルモニタリングできるためのスマートフォンアプリを開発する。

参考文献

- [1] J.L.Felipe, et al.: Validation of a Video-Based Performance Analysis System (Mediaccoach) to Analyze the Physical Demands during Matches in LaLiga, *Sensors* 2019, 19, 4113.
- [2] L Nguyen, et al.: Basketball Activity Recognition using Wearable Internal Measurement Units, the 16th Inter. Conf. on Human Computer Interaction (2015) .
- [3] G. Lopez, S. Abe, K. Hashimoto, A. Yokokubo, “On-site Personal Sport Skill Improvement Support Using only a Smartwatch, the 1st WristSense Workshop (2019).
- [4] O. Alobaid, L. Ramaswamy: A Feature-based Approach for Identifying Soccer Moves using an Accelerometer Sensor, the 13th HEALTHINF Conf. (2020).
- [5] S. Ishii, et al.: ExerSense: Real-Time Physical Exercise Segmentation, Classification, and Counting Algorithm Using an IMU Sensor, *Inter. Conf. on Activity and Behavior Computing (ABC 2020)*.
- [6] S. Ishii, A. Yokokubo, M. Luimula, G. Lopez, “ExerSense: Physical Exercise Recognition and Counting Algorithm from Wearables Robust to Positioning,” *Sensors*, 21(1):91 (2021). doi:10.3390/s21010091