

LSTMによる慣性センサを用いたサッカー選手の 転倒検知に関する研究

鳴尾丈司† 山本雄平‡ 姜文淵†† 坂本一磨‡‡

中村健二‡‡‡ 田中成典‡‡‡ 岡寄雄也‡‡‡† 山崎雄人‡‡‡

関西大学先端科学技術推進機構† 関西大学環境都市工学部‡ 大阪産業大学工学部‡†

公立小松大学生産システム科学部‡‡ 大阪経済大学情報社会学部‡‡† 関西大学総合情報学部‡‡‡

関西大学大学院総合情報学研究科‡‡‡†

1. はじめに

我が国では、スポーツ産業における ICT の利活用が推進されている。特に、サッカーでは、センサ機器により取得した選手の位置情報や Stats 情報を用いて、選手同士の位置関係や、選手個人の能力を加味した戦術分析[1]が行われている。転倒の分析に着目すると、相手選手との当たり負けやキックの精度低下に繋がるにもかかわらず、実現場では定性的な評価が大多数である。そのため、選手の転倒を定量的に分析する技術を開発する必要がある。既存技術[2]では、加速度センサと角速度センサを用いて転倒を判断することを試みているが、日常生活での活用を想定した検知にとどまっている。そこで、本研究では、慣性センサ (xG-1) [3]にて計測した、転倒時の加速度や角速度、Pitch 角の情報を時系列データに有効な LSTM (Long Short Term Memory) [4]にて学習し、サッカーの接触が激しいシーンにおける転倒検知を試みる。これにより、転倒の回数が多い選手の検出や場面の分析に貢献する。

2. 研究概要

本システム (図 1) は、フィルタリング機能と

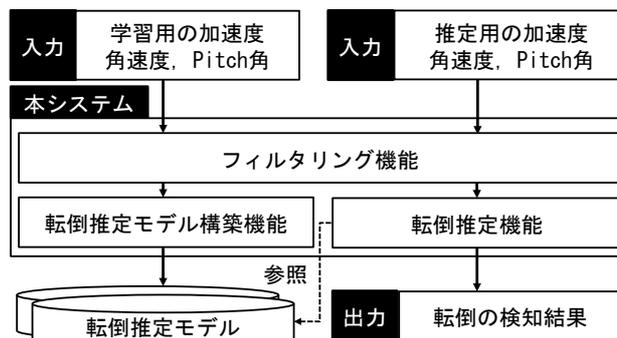


図 1 本システムの概要

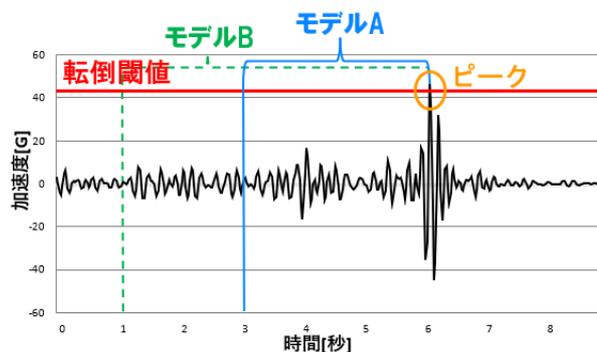


図 2 入力データの例

転倒推定モデル構築機能、転倒推定機能で構成される。入力データは、サンプリングプレート 50Hz で xG-1 にて計測された、加速度と角速度、Pitch 角の信号とする。出力データは転倒の検知結果とする。

2. 1 フィルタリング機能

本機能では、選手の背中に装着したセンサ機器で信号を取得し、転倒以外の周波数成分をノイズとして除去する。ノイズ除去処理では、バンドパスフィルタ [5]を用いて転倒以外のノイズを軽減することで転倒に関する周波数成分の信号を取得する。

2. 2 転倒推定モデル構築機能

本機能では、転倒を検知するための転倒推定モデルを構築する。まず、フィルタリング後の信号

Research for Detecting Falling of Soccer Players from IMU using LSTM

† Takeshi Naruo

Organization for Research and Development of Innovative Science and Technology, Kansai University

‡ Yuhei Yamamoto

Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

†† Wenyan Jiang

Faculty of Engineering, Osaka Sangyo University

‡‡ Kuzuma Sakamoto

Faculty of Production Systems Engineering and Sciences, Komatsu University

‡‡‡ Kenji Nakamura

Faculty of Information Technology and Social Sciences, Osaka University of Economics

‡‡‡ Shigenori Tanaka and Yuto Yamazaki

Faculty of Informatics, Kansai University

‡‡‡† Yuya Okazaki

Graduate School of Informatics, Kansai University

には、転倒時に突出した信号が現れるため、加速度と角速度のそれぞれに転倒と判定可能な閾値（以下、転倒閾値）を指定し、最も突出した信号の値をピークとして取得する（図 2）。次に、転倒時の振動波形に合わせて、ピーク時から前後数秒程度の信号を切り出す。最後に、手動で転倒と非転倒のラベルを付与して 2 種類の学習データを生成し、LSTM を用いて転倒と非転倒を分類する転倒推定モデルを構築する。なお、モデルは加速度と角速度を用いたモデル A と、加速度と角速度、Pitch 角を用いたモデル B の 2 つを構築する。

2. 3 転倒推定機能

本機能では、転倒推定モデルを用いて転倒を検知する。まず、フィルタリング機能にて転倒に関する周波数成分の信号を取得する。次に、2.2 節と同様の転倒閾値を用いてピーク時から前後数秒間の信号を切り出し、それぞれの転倒推定モデルに入力する。最後に、出力された転倒・非転倒のラベルに論理和演算を適用して、どちらかが転倒ならば転倒、どちらも非転倒ならば非転倒と判断する。

3. 実証実験

本実験では、モデルの組み合わせと、センサ機器により取得した信号のピーク時前後の秒数を変更して評価する。そして、転倒検知に最適な条件を確認する。

3. 1 実験内容

本実験では、図 2 に示すように、ピーク時の前 3.0 秒から後 0.0 秒または 0.5 秒の加速度と角速度を切り出して学習したモデル A とピーク時の前 5.0 秒から後 0.0 秒または 0.5 秒の加速度と角速度、Pitch 角を切り出して学習したモデル B を用いる。次に、テストデータに転倒と非転倒の正解ラベルを目視により付与する。そして、転倒推定モデルによる出力結果と正解ラベルを比較することで転倒推定モデルの正解率を確認する。最後に、論理和演算を用いて出力した結果と正解ラベルを比較することで提案手法の正解率を確認する。実験データは、サッカーの試合から転倒閾値を超えたデータとし、交差検証を行う。学習データが 60 件（転倒 30 件、非転倒 30 件）、テストデータが 44 件（転倒 7 件、非転倒 37 件）とする。

3. 2 結果と考察

転倒推定モデルの正解率を表 1、論理和演算を用いた転倒検知の正解率を表 2 に示す。まず、表 1 を確認すると、転倒の正解率は、条件 3 では 0.92、条件 4 では 0.89 と条件 1 の 0.84、条件 2 の 0.73 に比べて高い正解率となった。これにより、Pitch 角の情報が転倒検知において重要であることがわかった。これは、選手が転倒する時に身体

表 1 転倒推定モデルの正解率

条件	組み合わせ	ピーク時		転倒	非転倒
		前	後		
1	A	3.0 秒	0.0 秒	0.84	0.92
2	A	3.0 秒	0.5 秒	0.73	0.81
3	B	5.0 秒	0.0 秒	0.92	0.84
4	B	5.0 秒	0.5 秒	0.89	0.97

A : (加速度, 角速度) B : (加速度, 角速度, Pitch 角)

表 2 論理和演算を用いた転倒検知の正解率

条件	転倒	非転倒
1, 2	0.92	0.81
1, 3	0.97	0.81
1, 4	1.00	0.92
2, 3	0.95	0.65
2, 4	0.92	0.78
3, 4	0.97	0.84

の前後方向に対する回転の動きが存在するため、Pitch 角に特徴が現れたためであると考えられる。次に、表 2 を確認すると、転倒の正解率では、全ての条件において高精度に検知でき、条件 1, 4 では転倒が 1.00 と全ての転倒を正確に検知できた。このことから、サッカーにおいて加速度と角速度、Pitch 角の組み合わせを用いた転倒検知は効果的であり、さらに論理和演算を用いることで高精度に転倒を検知できることが明らかとなった。

4. おわりに

本研究では、サッカーを対象に転倒時の加速度と角速度、Pitch 角の情報を LSTM に適応して、転倒と非転倒を分類し、さらに論理和演算を用いることで全ての転倒を正確に推定することができた。しかし、非転倒を推定するには改善の余地があった。今後は、Yaw 角や Roll 角などを追加することで、精度向上を目指す。

参考文献

- [1] Sportsnavi : レスターの躍進を支えた GPS デバイステクノロジーがスポーツに与える影響, 入手先 <https://sports.yahoo.co.jp/column/detail/201702050001-spnavi> (参照 2023-1-13) .
- [2] 松原有志, 王碩玉, 三浦直樹, 姜銀来 : 全方向移動型歩行訓練機の知能化実現 (加速度・角速度変化による躓きの認識), 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2010 講演論文集, pp.538-539 (2010) .
- [3] クロスセンシング社 : xG-1, 入手先 <https://www.xsensing.co.jp/service/xg-1> (参照 2023-1-13) .
- [4] Hochreiter, S. and Schmidhuber, J.: Long Short-Term Memory, *Neural Computation*, Vol.9, No.8, pp.1735-1780 (1997).
- [5] Christiano, L. and Fitzgerald, T.: The Band Pass Filter, *NBER Working Paper*, No.7257 (1999).