

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01675

研究課題名（和文）慣性センサーを用いたスポーツ活動のモニタリングとフィードバック手法の開発

研究課題名（英文）Monitoring and feedback for sporting activities using inertial measurement units

研究代表者

和田 智仁（Wada, Tomohito）

鹿屋体育大学・スポーツ人文・応用社会科学系・准教授

研究者番号：70325819

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では姿勢推定に基づくセンサーデータのアニメーション表示ツールを開発し、このツールによってデータの直感的な理解を可能とした。短距離走者の腰部に装着したセンサーデータからは、走行中の選手の腰部動作を精度よく測定できることを確認した。ウインドサーフィンのボード姿勢を帆走パフォーマンスと比較したところ、トレーニングに有用な情報を得ることができた。テニスにおいてはインパクト直前のラケット加速度とボール速度は高い相関を示したが、インパクト後には姿勢推定精度が著しく低下した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小型軽量化が進むセンサー類のスポーツにおける活用が期待されているが、慣性センサーから得られるデータの理解は比較的難しい。本研究では、センサーフュージョンによるセンサーの姿勢推定とその可視化を通じて、慣性センサーのスポーツ応用についてより実践的な研究を行った。人体に装着したセンサーを使った姿勢推定については精度よく行えることが明らかとなり、姿勢情報を使った可視化の重要性も示された。これらの研究を通じて、慣性センサーを用いたスポーツ活動のモニタリングがトレーニングや指導に有用であることが確認された。

研究成果の概要（英文）：In this study, a 3D visualization tool based on sensor fusion technique was developed to provide a straightforward and intuitive way of observing the inertial sensor data. It was confirmed that the inertial sensor attached to the waist of the sprinter accurately extracts the pelvic movements. A comparison of windsurfing performance and board angles provides useful information for athlete's training. In tennis, the racket acceleration just before impact was highly correlated with the ball speed, but the accuracy of racket angle estimation was significantly reduced after impact.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：慣性センサー 姿勢推定 モニタリング フィードバック センサーフュージョン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

身体活動を本質とする体育・スポーツの領域においても、情報通信技術（ICT）が果たす役割が高まっている。すでにオリンピックをはじめとする国際レベルの競技スポーツにおいては、パフォーマンスの向上や効果的コーチングといった目的でICTを活用することが不可欠となっている。しかし、競技スポーツや学校体育におけるICT活用の取り組みは、未だ試行錯誤の段階と言える。

研究代表者らはこれまでの研究において、体育・スポーツの実践に寄与するICTについて、特に現場での具体的な活用といった観点から国内外の事例や取り組みを調査研究するとともに、ICTを用いたトレーニングや指導法に関する研究について取り組んできた。具体的には、普及が進むタブレットやスマートフォンなどのモバイルデバイスと、クラウドコンピューティングなどの要素技術に焦点を置き、体育系大学における授業や競技活動での実践的な取り組みを通じた実証的な検証を行い、これらの結果を踏まえ大学のスポーツ実技科目でのICT活用を進めるとともに、学生がICTを活用したスポーツ指導を実践できるような教育プログラムの開発を行ってきた。

これまでの研究を通じて、体育・スポーツ領域におけるモバイルデバイス利用の優位点の一つとして、加速度計やジャイロセンサー、GPS、心拍計といった各種のセンサーが内蔵、または連携して利用できる点に着目した。スポーツ活動中における身体の移動や姿勢の変化など、センサーから得られる情報は選手の動作分析やコーチングや身体活動のモニタリング、さらにはフィードバックといった面で非常に有効である。

そこで研究代表者らは、慣性センサーを用いたスポーツ活動の計測に関する研究を計画した。特に、近年利用可能となった汎用の小型慣性センサーは、軽量でバッテリーを内蔵しており、選手やラケット等に装着しても、スポーツ活動にはほぼ制約を与えない。さらに、センサーフュージョン技術を適用することで姿勢推定も可能である。これらの技術を利用すれば、スポーツ活動中のヒトや用具の動きや衝撃、姿勢、向きといった情報をモニタリングでき、トレーニングや指導に有用なフィードバックが可能となると考えた。

2. 研究の目的

加速度計やジャイロセンサーなどのウェアラブルセンサーを用い、スポーツ活動中における選手や用具の動き、衝撃、姿勢、向きといった情報の計測を行うとともに、それらをどのようにフィードバックしスポーツ場面で活用していくかについて、スポーツ競技場面や大学の実技授業等での実践を通じて明らかにしていく。

3. 研究の方法

(1) センサーが生成するデータについて項目の整理と統合手法などについて検討する。一般にセンサーが生成する大量の時系列データは、読み取って理解することが難しい。必要に応じて適切な可視化を行うための手法も検討する。

(2) 従来からスポーツ科学研究で用いられているモーションキャプチャーシステムや床反力計といった機器は、実験環境が制限されるという問題を抱えている。対象者に装着したウェアラブルセンサーを使って動きや力の分析が可能となれば、場所や環境に依存しない測定が可能となる。そこで、慣性センサーなどを用いたスポーツ活動の測定を試みる。

(3) 慣性センサーから得られる角速度と加速度の情報からは、センサーの姿勢情報を推定することが可能である。そこで本研究では、スポーツ活動中の人体や用具の姿勢推定を行い、その精度やフィードバック手法に関する検証を行う。

4. 研究成果

(1) 3軸加速度計および3軸角速度計からなる慣性センサーは、合計で6チャンネルの時系列データを生成する。記録されるデータは、センサーのローカル座標系に基づく値となることもあり、特にセンサーの向きが変化しながら記録されたデータはその解釈が非常に難しい。そこでセンサーデータの可視化を行うことで、データの理解を補助するツールの作成を試みた。

角速度計と加速度計のデータから Attitude heading reference system (AHRS) と呼ばれるセンサーフュージョン技術を用いセンサーの3次元姿勢を推定した。この値をアニメーションによって可視化するツールを構築した。3次元姿勢を再現したアニメーションによって、角速度の情報はセンサーの向きとして直感的に理解できるようになった。しかし、加速度についてはアニメーションには表現されない。そこで本研究では、加速度の大きさを表現する手法を検討した。その結果、センサーの姿勢情報が得られていることから鉛直方向を取得し、加速度データに含まれる重力加速度を減じ、アニメーション中のセンサー描画位置を加速度の向きと大きさに合わせ「ずらして」表示することにした。これによってセンサーで計測された加速度の大きさは「揺れ」のように表現される。図1に可視化した画面の例を示す。角速度変化に基づくセンサー姿勢の変化と、加速度変化に基づくセンサーの揺れによって表現されたアニメーションは、データ取得時の動きの様子を直感的に理解しやすく、センサーデータの分析に非常に有効であることを確認した。

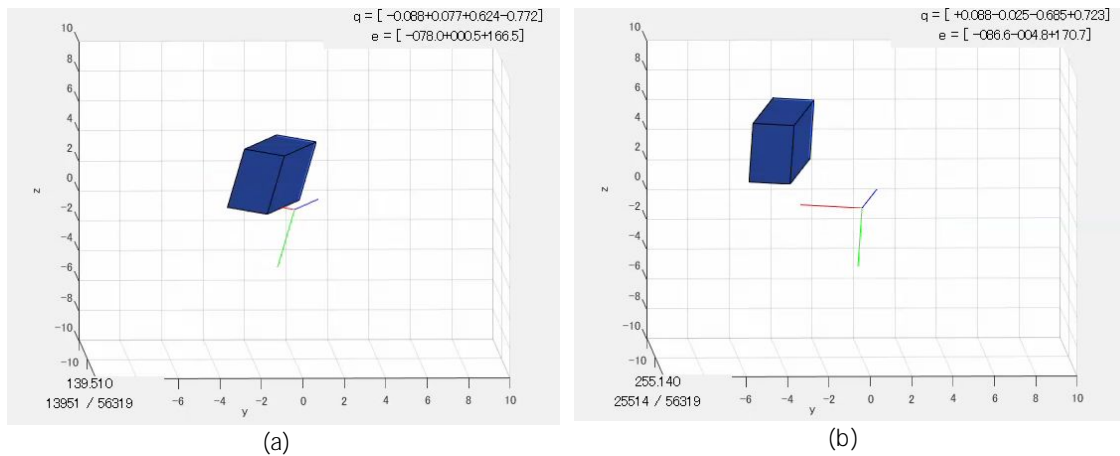


図1 対象者の腰部に装着したセンサーを可視化したもの。(a)はジョギング、(b)はスプリント走のデータで、加速度の大きさの違いが画面中央からのずれとして表現されている。

(2) 人体に装着した慣性センサーの値から床反力の推定を行った。短距離走者の足首に装着したセンサーから得られたデータと実際に測定された床反力の値は高い相関がみられたことから、加速度センサー値からの床反力推定が一定程度可能であるとの結論を得た。一方で、剣道の打突動作において足首に装着したセンサー値と床反力の実測地を比較したところ、相関関係は見られたものの選手間でのばらつきが大きく、足首に装着したセンサー値のみからの床反力の推定は難しいことが明らかとなった。短距離走の結果との比較からは、剣道の打突のような動作では個人間のフォームの差異も大きく、踏み込み足の向きや重心位置などが異なることが要因として考えられた。また、センサーを装着する個所の軟部組織の揺れに伴うアーチファクトの影響も考えられることから、さらなる検証が必要である。

(3) 慣性センサーを短距離走者の腰部に装着し、センサーフュージョンを用いた腰部姿勢の推定を行い、これをモーションキャプチャーデータと比較した。その結果、平均平方二乗誤差が4度程度と小さな値となり、センサー値から概ね適切に姿勢推定が行えることが明らかとなった(図2)。

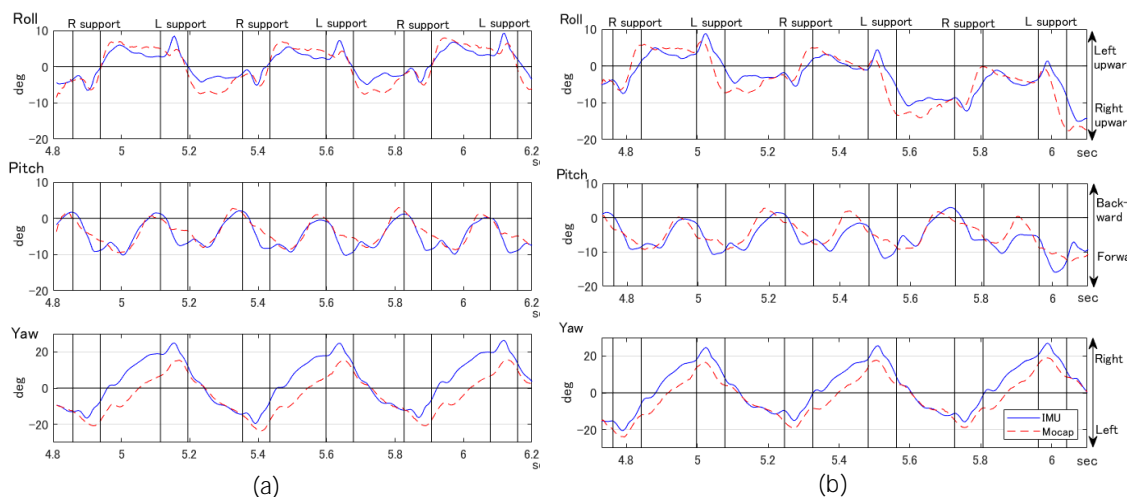


図2 腰部の姿勢変化の測定例。
赤い破線がモーションキャプチャーの測定値。青い実線が慣性センサーの推定値。

ウインドサーフィンのボードに慣性センサーを装着し、帆走時のボード姿勢と帆走パフォーマンスの関係性の分析を行った。これまでは海上でのボード姿勢は測定が難しかったが、慣性センサーを用いることで簡便に姿勢推定を行うことができた。さらにこの実験結果から、ウインドfoil使用時において一般的なウインドサーフィンと異なるボード操作が行われることが確認され、ウインドサーフィンのトレーニングにおける示唆を得ることができた。自転車のロードレースにおいても、慣性センサーを車体に装着し測定を行った。こちらでもセンサーフュージョンによる自転車の傾き推定は適正に行うことができた。テニスラケットや剣道の竹刀といった用具にもセンサーを装着し各種の測定を行った。テニス

ラケットで測定された加速度とボールスピードを比較したところ、高い正の相関が見られた(図3)。しかし、ラケット姿勢の推定を行ったところインパクト直前までの動きに関しては比較的正確な姿勢再現ができていたが、インパクト後に大きな乱れが見られた。このことからインパクトのような瞬間的かつ大きな加速度が発生する場合の姿勢推定は難しいことが明らかとなった。また、テニスラケットや竹刀のように高速移動する物体に関しては、姿勢推定アルゴリズムの差異が大きく表れた。センサーデータを利用した姿勢推定時にはこの点にも十分に留意する必要があり、利用の際には推定精度を事前に確認する必要があると考えられる。

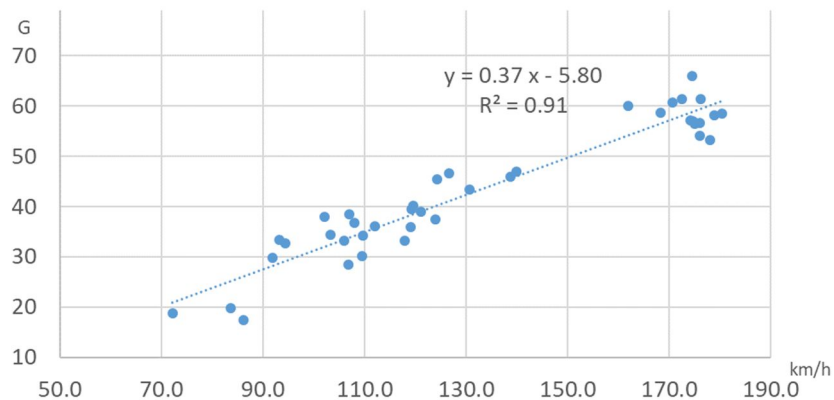


図3 インパクト直前のラケット加速度とボールスピードの関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 穴見知典, 和田智仁	4. 巻 12
2. 論文標題 GPS・慣性センサーを用いたウインドフォイルのパフォーマンス分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 137-145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomohito Wada, Ryu Nagahara, Sam Gleadhil, Tatsuro Ishizuka, Hayato Ohnuma, Yuji Ohgi	4. 巻 49
2. 論文標題 Measurement of Pelvic Orientation Angles during Sprinting Using a Single Inertial Sensor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/proceedings2020049010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 和田智仁, 村上俊祐, 高橋仁大
2. 発表標題 慣性センサを用いたテニスラケットの動作分析
3. 学会等名 日本体育学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Wada, M. Mizutani, J. Lee, D. Rowlands, D. James
2. 発表標題 3D Visualisation of Wearable Inertial/Magnetic Sensors
3. 学会等名 The 12th Biennial conference on the Engineering of Sport (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 D.Thiel, J.Shepherd, H.Espinosa, M.Kenny, K.Fischer, M.Worsey, A.Matsuo, T.Wada
2. 発表標題 Predicting Ground Reaction Forces in Sprint Running Using a Shank Mounted Inertial Measurement Unit
3. 学会等名 The 12th Biennial conference on the Engineering of Sport (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高橋 仁大 (Takahashi Hiroo) (50295284)	鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・教授 (17702)	