

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11334

研究課題名（和文）慣性センサーとAIを用いたランニングフォームの評価・診断方法の開発

研究課題名（英文）Evaluation and diagnosis of running form by inertial sensors and AI

研究代表者

榎本 靖士（Enomoto, Yasushi）

筑波大学・体育系・准教授

研究者番号：90379058

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：ランナーの腰部に取り付けた慣性センサーと人工知能アルゴリズムを用いてランニングフォームの評価パラメータを推定することができた。また障害と関連し得る左右差指標を算出し、長時間のランニングにおいてモニタリングする方法論も確立した。運動学的指標として肩と腰の回転に着目し、これらの回旋運動の変化によってランニングを改善できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慣性センサーとAIを用いたランニングの研究は国際的な研究のトレンドでもあり、すでに国際的に研究成果を発信しており学術的意義は高い。またランニングの実践を改善するためのモニタリング指標を開発し方法論を確立しつつあることは実践に役立つことを示しており、社会実装できるところまで進展している。国際的、学際的、実践的な研究と言え、スポーツ科学の新たな学術的価値を創造したとも言える。

研究成果の概要（英文）：We can estimate ground reaction force and movement of center of mass for runners by IMU and AI to evaluate running skill. Symmetry index during running might be useful to examine the relationship to running injury, which was calculated not only for one step but also for numeral steps using IMU data. Finally shoulder and hip rotation evaluated by IMU could be one of kinematics and coaching viewpoint to improve running technique.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ランニングフォーム 評価方法 モニタリング ランニング障害 人工知能 慣性センサー 左右差 コーチングツール

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

小型でワイヤレスの慣性センサー(IMU)が普及している。IMUは3軸の加速度計、角速度計、磁気計を搭載しており、GPSも内蔵しているものが利用可能である。われわれもすでに企業との共同研究においてランニングに使用可能なIMUを所持しており、ランニングにおける評価パラメータを算出するアルゴリズムの開発とAIを用いた精度を向上する方法を模索していた。アメリカ・オレゴン大学のMike Hahnとともにランニングの計測を共同研究としておこなっており、ランニング評価パラメータの推定はそこから着想していた。これまでIMUは腰部に装着してランニングを計測していたが、腰部ばかりでなく足部にも装着すること、またインソール型センサーを用いること、などによって精度を検証する計画であった。さらにランニングの評価を実践するために心拍センサーなどとも組み合わせるランナーに役立つフィードバック方法を検証することも重要なテーマであった。

2. 研究の目的

本研究はIMUとAIを用いてランニングパフォーマンスを評価する方法を開発することであった。IMUデータからランニングフォームを評価するパラメータを推定する方法を確立し、その信頼性と妥当性を実践的に検証するために、長期にわたってランニングを評価する機会を作る必要があった。またランニングフォーム以外の形態に関する指標、体力的指標なども加えて総合的にランニングを評価することを試みた。

3. 研究の方法

ランニングフォームを、IMUを用いて評価するため、ランナーの腰部に取り付けたIMUによってランニングを計測した。IMUデータはカルマンフィルタによって重力方向を推定し、それがZ軸となるよう時刻ごとに座標変換し、さらに進行方向がY軸となるようZ軸まわりの角速度の平均が0になるよう座標変換した。そして、座標変換したデータからピッチ、身体重心の上下動、左右動、前後動などのパラメータを推定した。さらに足部にIMUを装着し、インソール型足圧センサーを用いて地面反力や接地時間の推定精度を検証するデータを得た。地面反力の推定にはIMUデータを入力として、LSTMを用いて学習させ、IMUデータから地面反力を推定することを試みた。疲労によるランニングパラメータの変化を検討するため、HRモニターを装着させて、IMUデータとともに計測した。さらに、ランニング評価パラメータを変化させるために、上脛と下脛の動きに着目し、慣性センサーを腰部のみではなく、胸背部にも装着して計測し、上脛と下脛の回旋の動きを評価した。

4. 研究成果

ランニングは周期的な運動であるため、1歩1歩における精度が高なくても、数歩の平均値が補償されていれば十分に応用可能と考えることができる。すなわち、1歩における身体の上下動がばらついたとき、それは接地時の重心の高さが1歩ごとに変化したときに、数歩にわたって平均値に戻るよう数値処理することで精度を補償できると考えられる。その他のパラメータも同様にランニングの周期やある時間で平均することで一定の値となるよう処理することで信頼性および妥当性のあるパラメータになることが確認できた。

図は、ランニングにおける地面反力をAIのアルゴリズムを用いて推定したものである。IMUとAIを用いて地面反力の鉛直成分と前後成分を精度よく推定できることが示された。左右成分の推定も可能であると考えられるが、左右成分が小さいこと、IMUの姿勢の同定が困難であるため推定精度が落ちることなどがわかり、引き続き研究課題となっている。

さらに足部につけたIMUから足の軌跡を推定するアルゴリズムも開発し、これにより1歩のストライドを精度良く推定する方法を開発した。接地と離地の判定も足部のIMUとインソールセンサーのデータを用いて精度を検証した。

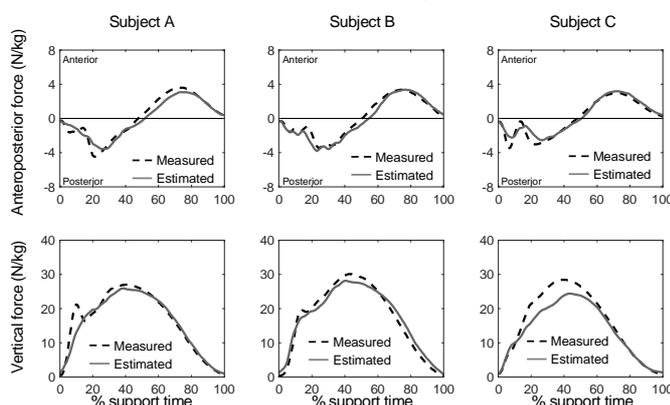


図4 ランニングにおける地面反力の実測値とAIによる推定値

ランニング障害は予防するためにランニング中の左右差をSymmetry Index(SI)として算出した。さまざまな力学的測定値を左右の値の差を左右の平均値で除することで算出した。SIはスタティックな測定や1歩のランニング動作において評価されていたが、本研究では連続したランニングにおける1歩ごとに算出を試みた。図は2名のランナーのSIを長時間にわたって算出したものである。ランニング障害に関係するランニングの評価は大きく注目されているものの、

障害との関係を明らかにすることは困難である。しかし、SIを腰部に取り付けたIMUデータから算出しモニタリングすることができれば障害との関係を検証できる貴重なデータをデータベース化できると期待される。

ランニング評価パラメータとして利用される脚のスティフネス(身体重心と地面反力の関係から見かけ上のバネ定数)を算出した。脚のスティフネスはスピードや疲労によって変化することが知られているが、これをランニングでどのようにコントロールするかは明らかになっていない。本研究では上脛と下脛の回旋運動に着目し、ピッチや脚スティフネスをコントロールできる可能性を検証した。

本研究では、ランニング評価パラメータをIMUとAIを用いて推定するとともに、ランニングパフォーマンスおよび障害との関係を検証し、体力やコンディションとの関係から総合的にランニングを評価し、改善するための方法論を確立することであった。研究として今後も取り組むべき課題も明らかになったこと、実戦への応用がモニタリングツールとしてばかりでなく、コーチングツールとしても利用可能であることなどから、大きな成果が得られたと言える。

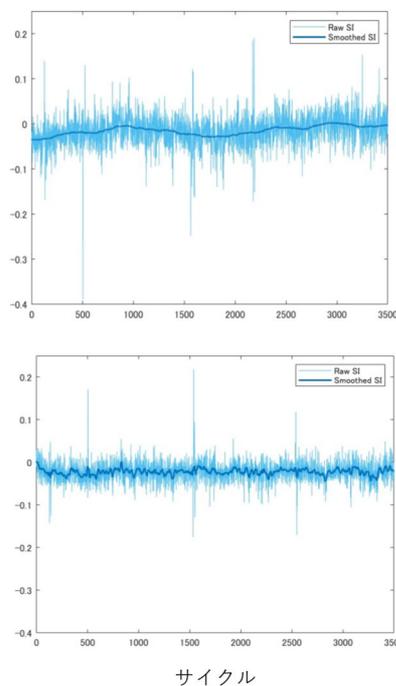


図 被験者2名の長時間ランニングにおけるシメトリインデックス (SI)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Suzuki Yuta, Hahn Michael E., Enomoto Yasushi	4. 巻 22
2. 論文標題 Estimation of Foot Trajectory and Stride Length during Level Ground Running Using Foot-Mounted Inertial Measurement Units	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 7129 ~ 7129
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s22197129	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 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔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	鈴木 雄太 (Suzuki Yuta) (90747825)	大阪市立大学・都市健康・スポーツ研究センター・准教授 (24402)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関