

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：17702

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20041

研究課題名（和文）女性アスリートの加速疾走能力向上のためのトレーニング課題診断システムの開発

研究課題名（英文）Development of a training task diagnosis system for improving sprint acceleration ability of female athletes

研究代表者

永原 隆（Nagahara, Ryu）

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・講師

研究者番号：80755372

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、女性アスリートの加速疾走パフォーマンス決定因子を疾走技術、体力の両面から明らかにし、それらに指導者の視点から得られた改善点の情報を加え、加速疾走パフォーマンス向上のために優先すべきトレーニング課題が診断できるシステムを開発した。本研究により、支持脚股関節の大きな伸展角速度や下肢全体の反動動作をともなった伸展筋力が、女性アスリートの加速疾走パフォーマンス決定因子として重要であることがわかった。また、本研究で得られたデータを融合させ、ニューラルネットワークを利用した機械学習を行うことで、個々の選手の疾走動作や体力特性から動作に関するトレーニング課題が提案できるシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、女性アスリートを対象に研究を進めたが、女性アスリートを対象としたスポーツ科学研究は世界的に限られている。また、本研究が研究対象とした加速疾走は、陸上競技の短距離走種目に限らず、多くの球技において重要性が指摘されており、本研究の成果は広く応用される可能性がある。一方、本研究では指導者の定性的な評価と動作分析や筋力測定などの定量的評価を融合させ、トレーニング課題提案システムを構築した。このような研究は世界的に行われておらず、スポーツ科学界で指摘されることが多い指導者と研究者の「bridge the gap」を実現する同様の研究のさきがけとなる。

研究成果の概要（英文）：This study verified determinants of female sprint acceleration performance in terms of kinematics and physical strength, and developed a training task diagnosis system for improving sprint acceleration ability of female athletes using kinematic and physical strength data, as well as coaches' suggestions. Through the research project, importance of support hip extension angular velocity and leg extension strength capability as determinants of sprint acceleration performance was revealed. Moreover, integrating obtained data and using machine learning, the training task diagnosis system, which can provide specific tasks of an individual based on her running kinematics and physical strength characteristics, was developed.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：スプリント走 コーチング 機械学習 技術診断 筋力評価 トレーニング課題 動作

1. 研究開始当初の背景

近年、オリンピック競技大会では、それまで女性を対象として行われていなかった競技、例えばサッカーやラグビーなどが行われるようになり、女性アスリートの競技人口が増加している。これにともない、女性アスリートを対象としたトレーニングに関する知見の蓄積が重要な課題となっていた[1]。

加速疾走能力は、陸上競技短距離走種目において、その重要性が強く主張されている[2]。また、疾走能力は、多くの競技に求められる基礎的な運動能力と考えられており、特に、サッカーなどの球技では、加速疾走能力の重要性が指摘されている[3]。したがって、加速疾走能力の向上は、多くの競技種目におけるパフォーマンス（試合結果）向上に寄与すると考えられた。

短距離走選手や球技選手の加速疾走パフォーマンス決定因子を明らかにしようとした研究は、数多く行われており、疾走中の支持期後半に大きな加速力を発揮すること[4]や下腿が前傾するまで膝関節の伸展タイミングを遅らせること[5]などの重要性が指摘されている。しかし、それらの研究は、ほとんどの場合、男性アスリートを対象として行われており、「男性アスリートを対象として行われた研究の成果を女性アスリートに応用できるのか？」という問いに対して、十分な答えを提供できるエビデンスがなかった。女性は、体重当たりの筋力や骨格が男性とは異なり、男性アスリートで得られた成果をそのまま適用できない可能性があった。

パフォーマンスを効果的に高めるためには、適切なトレーニング課題とその優先順位を設定することが重要である。課題設定のためには、アスリートのパフォーマンスに関する評価を様々な観点（筋力や動作など）から行い、それらの要素を融合させることが必要である。さらに、より実践的な課題を設定するためには、上記の要素のみならず、指導者の観点が重要となる。したがって、技術や体力のみならず、指導者の暗黙知を課題設定の要素に含めることができれば、実践的に有用なトレーニング課題の設定が可能となると期待された。

2. 研究の目的

本研究では、女性アスリートの加速疾走パフォーマンス決定因子を疾走技術、体力の両面から明らかにし、それらに指導者の視点を加え、機械学習を行うことで加速疾走能力向上のために優先すべきトレーニング課題の診断システムを開発することを目的とした。また、本研究の目的を達成するために、以下の課題を設定した。

研究課題1: 女性アスリートの加速疾走パフォーマンスと疾走時の動作、力発揮や下肢の筋力の関係について検討し、女性アスリートの加速疾走パフォーマンス決定因子を究明。

研究課題2: 収集したデータと個々の選手に対するコーチのアドバイスに基づく機械学習によって、加速疾走能力の向上を目指したトレーニングを行う際の課題と優先順位を決定できる診断システムを開発。

3. 研究の方法

本研究では、まず女性アスリートの加速疾走パフォーマンスと関連する技術的要素、体力的要素について検討した。女性アスリート39名を対象として、モーションキャプチャシステム、フォースプレートシステムを用いることで、初期加速局面の疾走動作や走路に対して発揮された力を計測するとともに、側方から高速度カメラ、通常のカメラで疾走動作を撮影した。実験試技では、スパイクシューズを着用し、フルボディのマーカセットを用いて20mの全力走を行わせた。その後、これまでの男性アスリートの研究から明らかになっている疾走パフォーマンスの優劣を評価できる項目について、女性アスリートのデータ（疾走中におけるピッチやストライド、地面反力、下肢関節やセグメントの角度や角速度、関節が発揮した正味のトルクなど）を算出した。また、垂直跳や下肢関節屈曲パワー計測システムを用いて体力面を評価した。得られたデータを用いることで、加速疾走パフォーマンスの決定因子について検討した。

トレーニング課題設定のための指導者の暗黙知を収集するために、6名の熟練した指導者に対してインタビューを行った。インタビューでは、実験で得られた個々のアスリートの疾走動作映像を指導者に見せ、その選手の加速疾走能力を向上させる際に指摘するポイントを挙げてもらい、データを蓄積した。

上記のようにして得られた動作や体力特性に関するデータ、効果的な加速疾走パフォーマンスの決定因子、指導者が指摘した個々の選手に対する課題の情報を関連付け、ニューラルネットワークを利用した機械学習を行うことで、パフォーマンスの診断、課題の提示システムを開発した。

4. 研究成果

本研究の結果、女性アスリートが高い加速疾走パフォーマンスを発揮するためには、支持時間の減少を抑制してステップ長をより大きく増加させること、大きな平均加速力を発揮することで前後正味の平均力を大きくすることが時空間変数、地面反力の観点から重要であることがわかった。また、疾走動作の観点からは、支持脚股関節の大きな伸展角速度、接地時における支持

脚下腿の前傾が大きいこと、体幹部の前傾が大きいことが、女性アスリートが高い加速疾走パフォーマンスを発揮するために重要であることがわかった。さらに、下肢筋力の観点から、垂直跳で評価される下肢全体の反動動作をともなった伸展筋力が、女性アスリートが高い加速疾走パフォーマンスを発揮するために重要であることが明らかになった。女性アスリートの加速疾走パフォーマンス向上という観点から指摘された指導者のポイントは多岐にわたったが、「身体全体の前傾を深める」、「接地時間の急激な減少を抑制する」、「支持脚の伸展を強く」、「上肢を含めた動作を大きく」など、指導者間で共通するポイントも複数指摘された。

本研究で得られた疾走動作、体力特性に関するデータ、効果的な加速疾走パフォーマンスの決定因子、指導者が指摘した個々の選手に対する課題を用いて、ニューラルネットワークを利用した機械学習を行うことで、個々の選手の動作や体力特性から女性アスリートが加速疾走パフォーマンスを向上させるために優先すべき動作の課題を提案するシステムを構築することができた。このシステムを用いることで、専門的なコーチがいなくても動作と下肢筋力を計測することで、選手特有の課題を提案できるようになった。

本研究では、女性アスリートの加速疾走パフォーマンス向上をテーマに研究を進めたが、女性アスリートを対象としたスポーツ科学研究は世界的に限られており、本研究の成果は今後の女性アスリートを対象とした研究の基点となる可能性がある。また、本研究が研究対象とした加速疾走は、陸上競技の短距離走種目に限らず、多くの球技において重要性が指摘されており、本研究の成果は広く応用されると考えられる。一方、本研究では指導者の定性的な評価と動作分析や筋力測定などの定量的評価を融合させ、トレーニング課題提案システムを構築した。このような研究は世界的に行われておらず、スポーツ科学界で指摘されることが多い指導者と研究者の「bridge the gap」を実現する同様の研究のさきがけとなる。

本研究の成果として、疾走動作と下肢筋力を計測することで、女性アスリートが加速疾走パフォーマンスを向上させるためのトレーニングの課題を提案できるシステムが構築できた。一方、本研究のトレーニング課題提案システムは、モーションキャプチャシステムを用いた動作分析を前提としており、計測環境が限定されるため、幅広い女性アスリートが用いることは難しい。しかし、近年発展してきた映像による骨格推定技術を用いることで、動作分析における環境の制約が大幅に軽減される。今後は、このような技術を用いることで、幅広い女性アスリートを対象とした加速疾走の評価と課題提案が行えるようにする。また、どのようなトレーニング手段を用いれば、女性アスリートが加速疾走パフォーマンスを向上させられるのかについては、本研究では明らかになっていないため、今後は女性アスリートが加速疾走パフォーマンスを効果的に向上させることができるトレーニング手段について、提案できるシステムの開発が課題となる。このことにより、女性アスリートの加速疾走パフォーマンス向上がより効果的に行われると考えられる。

<引用文献>

- [1] Nimphius (2018) ISBS conference, Keynot lecture
(https://sprinz.aut.ac.nz/__data/assets/pdf_file/0017/203174/275_1620_Nimphius.pdf)
- [2] Slawinski et al. (2017) Scand J Med Sci Sports 27: 45-54
- [3] Haugen et al. (2014) Int J Sports Physiol Perform 9: 432-441
- [4] Colyer et al. (2018) Scand J Med Sci Sports 28:1784-1792
- [5] Jacobs & Ingen Schenau (1992) J Biomech 25:953-965

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 0件）

1. 著者名 Sam Gleadhill, Ryu Nagahara	4. 巻 39
2. 論文標題 Kinetic and kinematic determinants of female sprint performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Sports Sciences	6. 最初と最後の頁 609-617
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02640414.2020.1837449	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nagahara Ryu, Gleadhill Sam	4. 巻 17
2. 論文標題 Catapult start likely improves sprint start performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Science & Coaching	6. 最初と最後の頁 114 ~ 122
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/17479541211015123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 永原隆
2. 発表標題 スプリント走におけるステップ変数，地面反力変数の左右差に関する男女の比較
3. 学会等名 第34回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永原隆
2. 発表標題 スプリントトレーニング科学の最前線：スプリント走における動作や力発揮の視点から
3. 学会等名 日本スプリント学会第31回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永原隆
2. 発表標題 Understanding Sprint Acceleration Step to Step
3. 学会等名 International Society of Biomechanics in Sports (ISBS) Mid-Year Virtual Symposium 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永原隆
2. 発表標題 Determinants of Sprint Acceleration Performance
3. 学会等名 Advances in Sport Engineering Conference (ASEC)
4. 発表年 2020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
研究協力者	グレッドヒル サム (Gleadhill Sam)	鹿屋体育大学	

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
---------	---------