

令和 5 年 4 月 24 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11408

研究課題名（和文）筋シナジーと人工知能によるペダリング運動の技術評価に関する研究

研究課題名（英文）Skill Assessment on Pedaling Exercise by using Muscular Synergy and Artificial Intelligence

研究代表者

徳安 達士（Tokuyasu, Tatsushi）

福岡工業大学・情報工学部・教授

研究者番号：50435492

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、競技自転車におけるペダリング技術について理解を深めるため、筋シナジーの特徴量を2次元的に可視化し、機械学習を用いることで初心者群と熟練者群の比較を行った。提案手法では、両群を分ける技術はペダリング運動における引き上げ動作にあることを示した。しかしながら、初心者群と熟練者群にあっても、ペダリング運動に動員される筋活動の特徴量には個人差があり、ペダリング技術を数値的に評価するには至らなかった。また、ペダリング技術の理解においては、実験室内でのデータ測定や表面筋電位を用いたアプローチには限界があり、動的な走向条件において身体運動を連続的かつ多次元的に評価していく必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

SDGsや物価上昇により、我が国の自転車利用者数は今後も増え続け、競技者も増えてくることが予想される。昨今、我が国の自転車ロードレースはプロチームによるリーグ戦が開催され、Youtubeなどで配信されるようになり、一時期よりも盛り上がりを見せているが、肝心の競技力については底上げがなされているとは言い難い。本研究の成果を通して、自転車競技力の向上にはペダリング運動における引き足動作への意識が重要であり、それをスムーズに行うためには自身の骨格や筋力など身体的特徴に応じた自転車のセッティングが必要であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to understand the pedaling techniques in competitive cycling by visualizing the features of muscle synergy in two dimensions and using machine learning to compare novice and expert groups. The proposed method revealed that the key technique separating the two groups was the upward motion. However, there were individual differences in the characteristics of the muscle activity involved in pedaling, which prevented the numerical evaluation of pedaling techniques. Furthermore, in order to fully understand pedaling techniques, it is necessary to continuously and multidimensionally evaluate body movements under dynamic riding conditions, as approaches using data measurement in the laboratory or surface electromyography have limitations.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ペダリング運動 機械学習 筋シナジー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

競技自転車のペダリング運動に関する研究は古くから行われており、これまで多くの研究者が有益な知見を残してきた。しかし、先行研究においてはペダリング運動時の下肢動作に左右差がないことが前提とされてきた。実際には利き手・利き脚があるように、運動を意図したときに感じる身体の動かしやすさは、体感できるほどに左右差は明白である。このことから申請者は、自転車選手のペダリング運動の効率化を追求するならば、身体動作の左右差を考慮し、さらには意図されたペダリング運動についても考慮が必要である。

2. 研究の目的

これまで申請者はペダリング運動に動員される左右の下肢筋の表面筋電位より、ペダリング運動を形成する筋シナジーの抽出に成功した (Tschanner 他, 2000)。筋活動パターンと筋協調性の理解に努めたところ、上級者と初中級者に共通する3つの筋シナジーは、(I)ペダルを踏み込む、(II)ペダルを引き上げる、(III)クランク上死点/下死点でペダルを前方/後方に押し出すこととして、意味付けができた。しかしながら、ペダリング技術の善し悪しを定量的に評価することはできていない。

近年、畳み込みニューラルネットワークをベースとする人工知能ソフトウェアは、高次のパターン認識力を持つことで注目を集めている。そこで本研究は、上級競技者の筋シナジーを用いることで、初中級者のペダリング技術を定量的に評価する人工知能ソフトウェアの開発を目的とする。

3. 研究の方法

実験環境として、市販のロードレーサーを固定サイクルトレーナーに設置する。ここでは、ロータリーエンコーダを用いてクランクの回転角度を計測する。また、運動負荷は力センサが後輪シャフトに埋め込まれたホイールを設置することで計測する。また、被験者の筋活動を測定するために10chのワイヤレス表面筋電位 (BTS FREEMG 1000, BTS Bioengineering Corp) を用いる。

表面筋電位の計測データは、Wavelet 変換を行い、Wavelet パワースペクトルの正規化および非負値因子行列分解を経て筋シナジーを抽出し、筋活動パターン (時間的構造データ) および筋協調性 (空間的構造データ) に分割することで2次元の画像データへと変換される。

ロードレース競技歴のある熟練者群 (N=5) と競技歴のない初心者群 (N=5) から、様々な運動条件下で大腿筋膜張筋 (Tensor Fasciae Latae: TFL)、大腿直筋 (Rectus Femoris: RF)、大腿二頭筋 (Biceps Femoris: BF)、前脛骨筋 (Tibialis Anterior: TA)、腓腹筋 (Gastrocnemius medialis: GM) の両下肢計10カ所を計測する。

熟練者群の筋シナジー2次元データを人工知能に学習させることで、個人の識別が可能であるかどうかを確かめる。さらに、被験者間の違いを、人工知能の注目領域をヒートマップで可視化することで明らかにする。同様に、初心者群の筋シナジーについても実施する。

4. 研究成果

提案手法により、熟練者群における人工知能の判断根拠を平均化したものを Fig. 1 に示す。これは人工知能として用いた画像分類アルゴリズムが、被験者間の特徴を識別するために注目した領域を Grad CAM++ で可視化したものである。熟練者群の場合、人工知能は左右の大腿二頭筋の活性化を中心に重要視する傾向がみられた。これは大腿二頭筋の活動を意識することで、スムーズな引き上げ動作を実現していることを意味する。

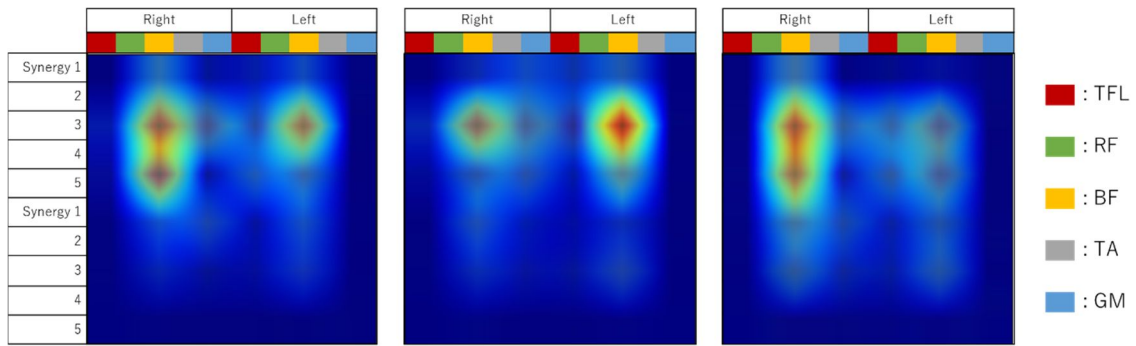


Fig. 1 熟練者群の判断根拠の可視化結果

初心者群の結果を Fig. 2 に示す．初心者群では画像上部のシナジーベクトルが重要視される傾向にあり，特に左下肢の活性度が重要視されている．左と中央の結果では，左下肢を中心に複数筋の活性度が重要視されている．右の結果では，他と同様にシナジーベクトルが重要視される一方で，比較的重要視される範囲が広く，結果にばらつきが大きいと考えられる．

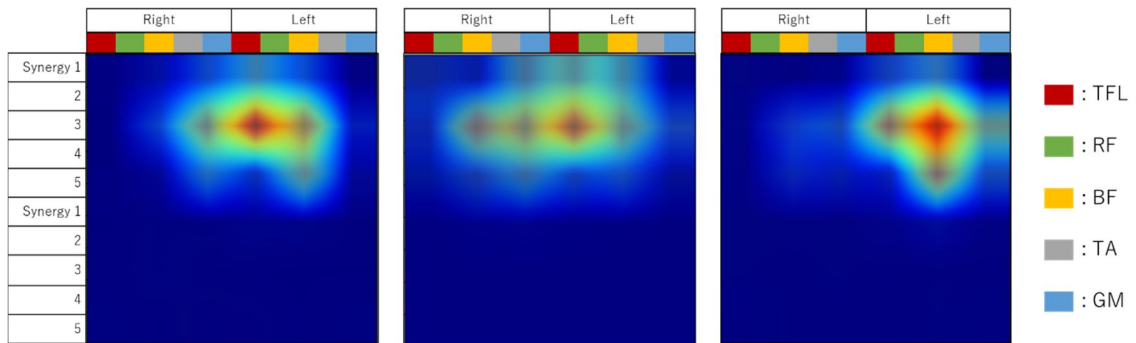


Fig. 2 初心者群の判断根拠の可視化結果

すべての被験者から，それぞれの特徴を表現する筋シナジーを可視化できることが確認された．特に，熟練者間では引き足動作に現れる大腿二頭筋の活動パターンが顕著に現れた結果である．この現象は，初心者群においては確認することができなかったものであり，さらに初心者群に共通する特徴量を捉えることも困難であった．総じて，初心者群と熟練者群にあっても，ペダリング運動に動員される筋活動の特徴量には個人差があり，ペダリング技術を数値的に評価するには至らなかった．また，ペダリング技術の理解においては，実験室内でのデータ測定や表面筋電位を用いたアプローチには限界があり，動的な走向条件において身体運動を連続的かつ多次元的に評価していく必要がある．

これらの結果から，本研究はペダリング技術の理解においては，実験室内でのデータ測定や表面筋電位を用いたアプローチには限界があり，動的な走向条件において身体運動を連続的かつ多次元的に評価していく必要があると考える．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鶴田和己, 重留正太, 徳安達士
2. 発表標題 ペダリング運動におけるペダリング音と表面筋電位の関係に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鶴田和己, 重留正太, 佐藤拓広, 徳安達士
2. 発表標題 機械学習を用いたペダリングスキルの 習熟度判別に関する研究
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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