

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：37112

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750293

研究課題名(和文)ペダリング運動効率の向上に観点をおいた競技自転車のサドル位置調整装置の試作と評価

研究課題名(英文)Development of a saddle adjusting device for improving the efficiency of pedaling exercise

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は自転車競技者に求められるペダリング運動の効率化技術について、この評価基準を定義することによって選手の身体特徴に適した自転車のサドル位置を決定する装置の開発を目的としている。本研究の成果として、熟練競技者の下肢筋群活動パターンを基準とする評価方法を提案し、さらにペダリング技術の可視化手法を用いた装置を構築した。本装置を用いた実験では、ペダルの引き足動作と足首のアンクリング動作をペダリング技術の特徴的動作として抽出するに成功した。今後、ペダリング技術を数値的に評価する手法を確立し、最適なサドル位置決定のための制御手法について検討する。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to develop a saddle adjustment device of a competitive bicycle. This study focused on the pattern of muscle activity of the leg muscles recruited in the pedaling exercise and proposed the visualization technique of pedaling skill. By using this visualization technique, the training system of pedaling skill was developed. The experimental results clarified that the motion of pulling the pedal up and the ankling motion were detected as the characteristic movements of the pedaling skill. For future, this study will discuss the control method determining the saddle position according to the physical property of a cyclist.

研究分野：医用工学

キーワード：ペダリング運動 競技自転車 生体情報処理 スポーツ工学

### 1. 研究開始当初の背景

自転車競技においてサドルの位置決定が重要とされる理由に、ペダルとシューズを固定するビンディングペダルの常用化が挙げられる。元来、スポーツ科学やバイオメカニクスの学術領域においては、自転車運動は等速度の条件下でペダルを踏む動作によって心肺に一定の負荷刺激を与える手段として利用されてきた。一方、競技自転車では、ビンディングペダルの機能を利用して、活動筋群のパワーを効率的にクランクの回転運動に変換することが重要であり、その技術は「ペダリング技術」として提唱され、研究開始当初から現在においても広く実践されている。しかしながら、ペダリング技術の効果的な習得方法ならびに選手の競技力を効率的に引き出すサドル位置の設定条件については、明確な定義がなされていなかった。

### 2. 研究の目的

初中級レベルの自転車選手の競技力向上を目的として、ペダリング運動の効率を高める観点から、選手の身体条件に適したサドル位置（高さ、前後位置、角度）の設定方法について検討する。本研究の具体的な取組みとして、①ペダリング運動中の身体情報と自転車クランクの回転状態を同時計測する実験装置を構築する。②ペダリングの運動効率に関連深い下肢の動作要因を抽出し、ペダリング技術を数値的に評価する方法を確立する。③ペダリング技術とサドル位置との関連性を明らかにし、選手に最適なサドル位置を自動決定する装置を構築する。

### 3. 研究の方法

研究目的を達成するために、下記の具体的な方法について研究を進める方針とした。ただし、ペダリング技術とサドル位置の関係が明らかではないため、研究の過程で解決すべき課題が新たに追加される可能性がある。本研究の具体的な方法は以下の5点である。

I. ペダリング運動中のペダルクランクの回転状態およびペダルに加わる力（以後、ペダルパワー）を測定する計測装置を新たに構築し、既存の実験装置に搭載する。

II. クランク回転角に対する下肢関節位置、下肢筋群状態、ペダルパワー、それぞれの関連性について調査する。

III. 上級競技者の経験則および上記II. で得られたデータを多変量解析し、ペダリング技術を数値的に評価するために不可欠な動作要因を絞り込む。

IV. 動作要因に関連する測定データに基づいて、ペダリング技術を数値的に評価するための評価関数を定義する。

V. 評価関数を最大化するサドル位置を自動的に決定するソフトウェアを構築し、実験装置の制御プログラムとして実装する。

VI. 実際の初中級レベルの競技者を対象としたペダリング技術の向上効果の検証実験を行う。

### 4. 研究成果

ペダリング技術を定量的に評価するために、ペダリング運動に動員される下肢筋群の活動パターンを可視化の方針で、図1の実験装置を新たに構築した。装置は、市販の競技用自転車を固定トレーナーに設置しており、ペダリング運動中のクランク回転角とペダル負荷を計測できる。また、被験者の下肢筋群の表面筋電図を計測し、コンピュータに取り込める。



図1 実験装置の概要

実験装置上でのペダリング運動中に得られたデータより、本研究は被験者の筋活動パターンを定式化した。また、熟練者の筋活動パターンを基準とするペダリング技術の可視化手法を図2のように構築することに成功した。そして、この可視化手法により、ペダリング技術の数値的評価に関する動作要因として、ペダルの引き上げ動作と足首のアンクリング動作を抽出することができた。

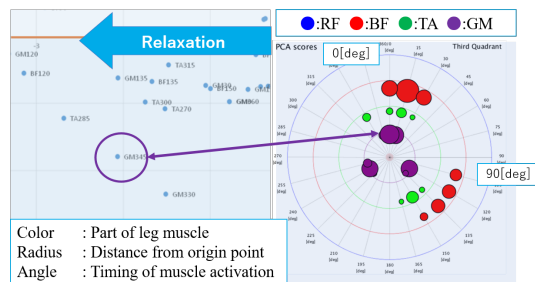


図2 可視化されたペダリング技術

上記までで研究方法のⅢまでを遂行することができた。Ⅳ、Ⅴについては、ペダリング技術評価の基準を一人に熟練者に頼るのではなく、被験者の身体特徴から導かれる理想的な筋群活動パターンを当てることが望ましいという考えに至った。そのため、今後は下肢筋骨格モデルの数値解析を導入し、あるサドル位置における理想的な筋群活動パターンについて検討していく必要がある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① Shimpei Matsumoto, Nobuto Fujimoto, Masaru Teranishi, Hidetoshi Takeno, Tatsushi Tokuyasu, A Brush Coating Skill Training Support System for Manufacturing Education at Japanese Elementary and Junior High schools, International Journal of Artificial Life and Robotics, 査読有, Vol.21, No.1, pp.69-78, 2015.

② Tatsushi Tokuyasu, Shimpei Matsumoto, Shoma Kushizaki, Tomoki Kitawaki, Development of Racing Bicycle Position Control Device and Pedaling Exercise Analysis Software with Web Based Data Management Function for Improving Cycling Technique, International Journal of Artificial Life and Robotics, 査読有, Vol. 19 No. 3, pp. 244-250, 2014.

③ Tatsushi Tokuyasu, Shoma Kushizaki, Shimpei Matsumoto, Tomoki Kitawaki, Saddle height setting of cycling road bike focusing on variance of muscle activity, ICIC Express Letters, Express Letters, 査読有, Vol. 9, No. 1, pp.53-58, 2014.

[学会発表] (計9件)

① Takuhiro Sato, Shoma Kushizaki, Shimpei Matsumoto, Tomoki Kitawaki, Tatsushi Tokuyasu, Development of Training System for Pedaling Skill by Visualizing Muscle Activity Pattern, The 11th International Conference On Broad-Band Wireless Computing, Communication and Applications, November 5, 2016, Asan (Korea).

② Nobuto Fujimoto, Shimpei Matsumoto, Masaru Teranishi, Hidetoshi Takeno, and Tatsushi Tokuyasu, Comparison of Learning Effectiveness in Computer Aided Brush Coating Skill Training System with the Difference of Instructional Methods, Proceedings of the 21st International Symposium on Artificial Life and Robotics, January 20, 2016, B-Con PLAZA (大分県・別府市)

③ 佐藤拓広, 徳安達土, 3軸加速度センサを

用いたペダリング動作特徴の抽出と安定性評価, スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2016, 2016年11月10日, 山形テルサ(山形県・山形市)

④ 佐藤拓広, 徳安達土, 松本慎平, 北脇知己, 下肢筋群活動分析に基づいたペダリングスキルトレーニングシステムの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2016年6月9日, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)

⑤ 徳安達土, 佐藤拓広, 松本慎平, ペダリング技術の可視化による競技自転車訓練システムの開発, 第21回ロボティクスシンポジウム講演論文集, 2016年3月17日, やすらぎ伊王島(長崎県・長崎市)

⑥ 佐藤拓広, 串崎将麻, 徳安達土, 松本慎平, 北脇知己, 下肢筋群活動分析に基づいたペダリングスキルフィードバックシステムの構築, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, 2015年5月18日, みやこめっせ(京都府・京都市)

⑦ 佐藤拓広, 徳安達土, 松本慎平, 北脇知己, 競技自転車ペダリング技術の可視化の試み, 2015 IEEE SMC Hiroshima Chapter Young Researcher's Workshop, 2015年7月18日, 広島市立大学(広島県・広島市)

⑧ 徳安達土, 串崎将麻, 松本慎平, 北脇知己, 自転車ペダリング運動中の下肢筋活動量の統計分析に基づくサドル高さ決定手法の提案, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014年5月28日, 富山国際会議場(富山県富山市)

⑨ 徳安達土, 佐藤拓広, 串崎将麻, 松本慎平, 北脇知己, ペダリング回転中に変化する下肢筋群活動パターンの分析と理解, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014年5月28日, 富山国際会議場(富山県富山市)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等:

<http://www.fit.ac.jp/~tokuyasu/index.html>

#### 6. 研究組織

(1) 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

(2) 連携研究者

松本慎平 (MATSUMOTO, Shimpei)  
広島工業大学・情報学部・准教授  
研究者番号：30455183

(3) 連携研究者

北脇知己 (KITAWAKI, Tomoki)  
関西医科大学・医学部・教授  
研究者番号：40362959