

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：37112

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700688

研究課題名(和文) 上級競技者のペダリング動作分析に基づく競技自転車サドル高の決定手法の提案と評価

研究課題名(英文) Saddle height setting based on motion analysis of skilled cyclist

研究代表者

徳安 達士 (TOKUYASU, Tatsushi)

福岡工業大学・情報工学部・准教授

研究者番号：50435492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は上級競技者のペダリング運動中の筋活動状態の分析結果に基づき、サドル高さの決定手法の提案を行うことである。まず、ペダリング運動中に動的にサドル高さを変更できる実験装置を構築した。続いて、サドル高さを段階的に変更したときに上級競技者の筋活動量がどのように推移するかを調査した。その結果、上級競技者は測定筋群の活動量を相対的に均一化するサドル高さを主観として好むことがわかった。

研究成果の概要(英文)：This study proposes a method for the setting of saddle height of competitive bicycle by focusing on the muscle activity patterns among the lower limb muscles during pedaling exercise. This study first constructed an experimental system that dynamically changes the saddle height of a cycle road racer. Consequently, this study investigated that the translation of muscle activity patterns of a skilled cyclist according to the changes in saddle height. As the results, it revealed that the skilled cyclist appreciates the saddle height that relatively reduces the variance of muscle activity among his lower limb muscles.

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：バイオメカニクス

キーワード：スポーツ科学 生体機能利用 生体信号処理 ヒューマンインターフェイス 情報工学

1. 研究開始当初の背景

近年の自転車競技では、ビンディングペダルの利用が一般的である。ビンディングペダルを利用することで、自転車選手は足をシューズに固定することができ、結果として筋力を効率的に自転車推進力へ変換することが可能となる。つまり、ペダルを踏み込むことのみで動力を生み出す汎用自転車でのペダリング動作とは異なり、ペダルを引き上げる動作が加わることで、クランクを回転させるペダリング運動が行われることになる。ビンディングペダル利用により、ペダリング動作の安定性が改善された一方で、筋力を推進力に換える変換効率が自転車選手の技能のひとつとして評価されるようになった。

図1は競技用自転車の機材構成と機材の設定自由度を示している。ビンディングペダルの利用により、選手の身体はペダル、サドル、ハンドルの部分で自転車に接することになり、基本的な乗車姿勢が決定する。つまり、ペダリング技術の元となる筋の活動水準および関節の可動域が決まることになる。したがって、サドルとハンドルの位置は、選手の身体的機能を十分に引き出すように設定することが重要である。一方で、従来よりサドル高さの決定は、選手自身の走行感覚や他者の助言によって行われている現状にある。つまり、選手の身体動作を主観的に満たしたとしても、選手の身体的特徴に最適な設定である保証はない。サドル高さの決定方法として、唯一股下寸法を用いた方法が伝わっている。これは、股下寸法に0.875を乗じた値をサドル高さの初期設定として、微調整を繰り返すことで最適なサドル高さを求めるといったものである。しかしながら、最終的には微調整を要する方法であるため、結局は選手自身の主観に依存せざるを得ない決定方法となっている。

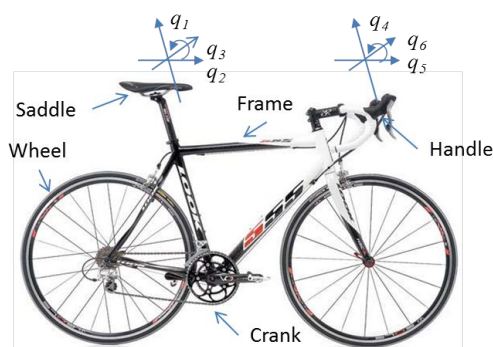


図1 競技自転車の機材と設定自由度

2. 研究の目的

本研究は、我が国の自転車競技レベル向上のため、ペダリング運動中の身体データ分析に基づき、選手の身体的特徴に最適なサドル高さを提供する知的システムを構築することを目的としている。特に本研究では、上級競技者のペダリング動作に着目し、また上級競技者がどのようなサドル高さを好み、そのと

きのペダリング動作がどのように行われているかについて、ペダリング運動に参加する下肢筋群の活動状態を分析するアプローチを試みる。

3. 研究の方法

(1)はじめに、システムの基盤となる実験装置を構築した。市販の競技用自転車のサドル部に、自動制御装置を搭載し、これによりサドルの高さ、前後位置、角度の自動調整を実現する。それぞれの自由度に対して、ポテンショメータを配置し、現在位置をコンピュータに取り込む。また、自動制御装置に搭載されたDCモータをPD制御による位置制御を実現した。

本研究では将来的な展望を踏まえて、サドル部の3自由度制御機構を構築したが、当該年度においてはサドル高さのみを利用し、サドル高さの決定について検討した。

(2)ペダリング運動に動員される主な下肢筋群として、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋を選択した。これら下肢四筋群の表面筋電位を測定し、ペダル一回転毎の二乗平均平方根を算出し、得られた値を筋活動量の評価値として扱う。

実験装置のコンピュータの開発環境はVisual Basic 2010であり、Windows APIの一部を研究代表者らが改良し、1kHzの実時間計測制御を実現したものをを用いた。この環境において、ペダリング運動中の被験者の表面筋電位を実時間計測しながら、サドル高さの自動制御を可能とした。

(3)被験者として競技経験が十分な健常男性1名(被験者A)と、競技経験のない男性学生1名(被験者B)を採用し、本研究の目的と実験内容を十分に説明したうえで実験参加の同意を得た。

はじめに全ての被験者について股下寸法を測定し、それに0.875を乗じた高さを以降は従来手法による高さと呼ぶこととする。

実験プロトコルとして、90rpmのペダリング運動で負荷が150wattになるようにギアを調整する。実験装置は、サイクルトレーナーに固定されており、運動負荷はトレーナーのフルード特性に依存して決まる。

実験装置のサドル高さ制御機能を用いることで、ペダリング運動中に被験者の主観的評価を満たすサドル高さを探索した。ここで、被験者Aは主観的に好ましい高さを示唆したが、被験者Bは示唆することができなかった。そこで、被験者Aの基準高さを主観的に好ましい高さとし、被験者Bの基準高さを従来手法による高さとする。

実験においては、基準高さから12mm高い位置を初期高さとして、30秒毎にサドル高さを3mm下降させ、基準高さより15mm低い位置まで連続的に実施した。

(4) 上述した実験条件において、サドル高さの下降により測定筋群の活動量がどのように変化するかを評価するために、本研究では筋活動量の評価値に対して主成分分析を施した。特に、評価値には各サドル高さを記録しており、サドル高さ毎の主成分得点を平均化し、各主成分得点の平均値をサドル高さ毎にプロットすることで測定筋群間のばらつきを評価する。

(5) 実験的に、第3主成分までの累積寄与率が85%を超えることがわかっているため、これら主成分の平均値の推移を対象に評価した。また、各主成分の持つ運動生理学的意味として、第1主成分は大腿直筋と前脛骨筋の活動に影響を受けやすく、第2主成分は大腿二頭筋と腓腹筋の活動に影響を受けやすいことが本研究の予備検証でわかっている。第3主成分の意味については、現段階では明確な説明ができないが、寄与率として15%程度を持つので筋群間の活動状態を示す何かしらの意味を持つであろうと推察している。

4. 研究成果

(1) 図2に構築した実験装置を示す。市販の競技用自転車(Bridgestone Anchor, RFX5)を使用し、委託開発により構築したサドル位置制御装置を搭載した。

ペダリング運動中のケイデンスおよび運動負荷は、ハンドルバーに設置したサイクルコンピュータ(Garmin, Edge 500)を用いて検出する。特に、自転車のボトムブラケット位置にはパワーセンサ(SRM, FSA K-Force light)が埋め込まれており、検出された運動負荷はサイクルコンピュータに無線通信で表示する。

表面筋電位は、多チャンネル高感度増幅器(日本光電社製,MEG-6108)を使用し,1kHzのサンプリングでコンピュータに取り込んだ。

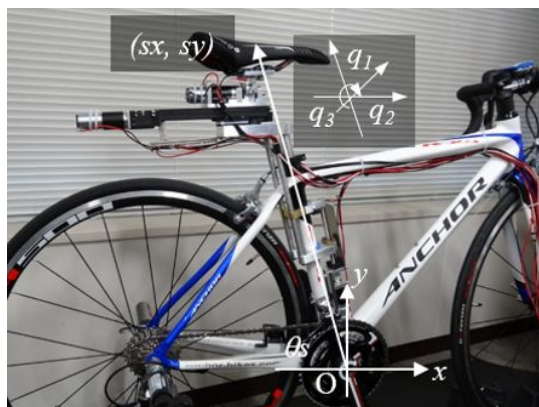


図2 実験装置

(2) 被験者Aより得られた筋活動評価値に主成分分析を施した結果を図3に示す。これは横軸にサドル高さ、縦軸に主成分得点平均値をプロットしたものである。被験者が主観的に好ましいとした高さは668.0 mmであっ

たことに対し、図3においては668.0 mmの高さで主成分得点平均値がゼロ近傍に偏る結果が得られた。

主成分分析の性質を考えると、この結果は、データ全体に対して668.0 mmの高さ条件においては、特徴量の少ないデータであることを示している。つまり、668.0 mmの高さで行われるペダリング運動については、測定筋群間の相対的な活動量にばらつきが少なく、局所的な疲労を招く使われ方をしていないことが考えられる。また、被験者Aの股下寸法は765.0 mmであり、これに0.875を乗じると669.4 mmとなる。従来手法が導く高さとは本研究の提案手法が導いた高さとの1.4 mmの差は確認されたものの、非常に近い値を示したことについて本研究は関心を持てる結果であると考えている。

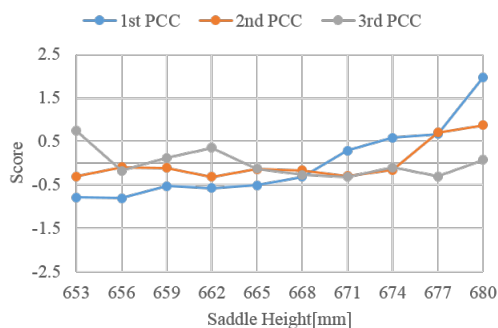


図3 主成分分析結果に基づくサドル高さの違いによる筋活動の推移(上級競技者)

(3) 次に、被験者Bの結果を図4に示す。被験者Bはペダリング運動中にサドル高さも変化しても、それに気付くことなく、サドル高さについても主観的な評価を下すことができなかった。したがって、基準高さを従来手法による高さ730.0 mmとし、そこから12mm高い位置を初期高さとして同様に実験を行った。図4には主成分得点がゼロ近傍に寄る高さが存在しないことが確認できる。

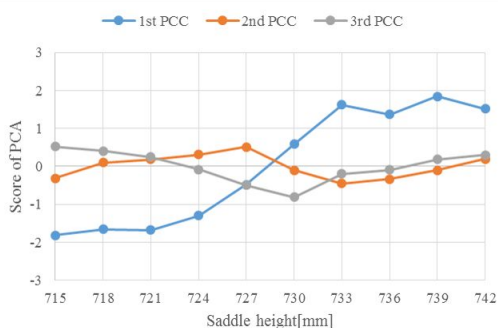


図4 主成分分析結果に基づくサドル高さの違いによる筋活動の推移(初心者)

(4) 提案手法により導かれた主成分得点の推移について考察する。まず、上級者であれ

ばトレーニングによってペダリング運動を構成する筋群の活動がパターン化されていることが考えられる。また、サドル高さの変化はペダリング運動の条件の変化と考えることができる。上級者のペダリング運動は、適切なサドル高さで筋群間の活動量のばらつきを抑える運動であるとの仮説を立てれば、サドル高さによる運動条件の変化により、好ましくないサドル高さにおいては筋群間のばらつきが大きくなるものと考えられる。

一方、初心者にはペダリング運動中の筋活動パターンは形成されておらず、上級者のように筋群間の活動量のばらつきを抑える動きをしていないことが考えられる。したがって、サドル高さによる運動条件の変化に反応するものの、特に内的に形成された動作パターンが乱されるわけではなく、被験者のサドル高さに対する主観は一様のままペダリング運動を継続できたものと考えられる。

(5) 本研究の調査範囲において、股下寸法を用いたサドル高さ決定方法の科学的な根拠は見当たらなかった。その理由として、初心者はペダリング動作中にサドル高さの変化してもそれに気付くことがなく、また主観的にもサドル高さの厳密に評価することが難しいことが挙げられる。これはペダリング運動を構成する筋活動が被験者自身の中に確立されておらず、サドル高さの変化により運動条件が多少変わったとしても、それに順応するように筋活動パターンを変えていると考えられる。一方で、上級者であれば、ペダリング運動における筋活動が内部でパターン化されており、サドル高さの変更により筋活動水準や関節可動域が影響を受けることでパターンが乱され、その結果、主観的な評価に影響を受けると考えられる。従って、初心者に競技自転車を導入する際には、適当な基準値としてのサドル高さを与える必要があり、古人が経験者のサドル高さと同程度からある程度の許容性を含むサドル位置を割り出したものと推察される。その調整値が0.875の係数であり、今日においては一般的な導入指標として定着しているものと考えられる。図3に示した実験結果は、0.875の係数が、ペダリング運動に主に動員される下肢筋群の相対的な活動量を均一化し、局所的な疲労の誘発を避けるサドル高さに近いことを示唆したと考える。

本研究では、今後被験者を増やし、提案手法の汎用性について調査する。また、上級者と初心者の違いは、ペダリング動作の技術差にも現れると仮説を立て、ペダリング技術を定量化する方法およびペダリング技術の教示方法について検討する考えである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Tatsushi Tokuyasu, Shimpei Matsumoto, Development of Saddle Height Control System for Cycle Road Racer based on SEMG Signals of the Leg Muscles, Journal of Biomechanical Science and Engineering, 査読有, Vol.8, No.1, 2013, pp. 94-103

〔学会発表〕(計4件)

Tomoki Kitawaki, Tatsushi Tokuyasu, Hisao Oka, Evaluation of bicycle pedaling skills using a bicycle crank angular velocity irregularity index, 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2013年7月4日, 大阪国際コンベンションセンター(大阪府)

Tatsushi Tokuyasu, Shoma Kushizaki, Shimpei Matsumoto, Development of a cycle road racer's automatic positioning system based on lower extremity EMG signals during pedaling motion, The 6th International Workshop on Computational Intelligence & Applications 2013, 2013年7月13日, 広島市立大学(広島県)

Tatsushi Tokuyasu, Shoma Kushizaki, Shimpei Matsumoto, The analysis of muscle activity pattern in pedaling motion at the subjectively appreciated saddle height of a skilled cyclist, 18th annual congress of the European College of Sport Science, 2013年6月28日, バルセロナ(スペイン)

Tatsushi Tokuyasu and Shimpei Matsumoto, Discussion of Alternating Muscular Activity for the Design of an Automatic Saddle Positioning System, 12th International Conference on Control, Automation and System, 2012年10月19日, 済州島(韓国)

〔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/>

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・准教授
研究者番号: 50435492

(2) 研究分担者
なし
(3) 連携研究者
なし