

コマ数秒の勝負を決する 自転車競技選手の身体を科学する

積際 徹 医工学科 教授

トッププロの運動計測から ペダリング動作の謎を解析

世界最大の自転車の祭典、ツール・ド・フランス。一流選手たちが約3週間、3,500kmのステージを踏破する長距離ロードレースですが、ゴール前ではわずかに数ミリの差が勝敗を決することも珍しくないそうです。「この違いはどこから生まれてくるのでしょうか?」。自身もインカレ自転車レース出場経験を持つ積際徹教授の、世界でもユニークな研究はこうして始まりました。

踏力の評価では、自転車のペダルが回転する部分にパワーメーターを設置し、プロ選手とビギナー選手に漕いでもらうことで様々な解析を実施しました。その結果、自転車が前へ進むのに最も力が必要なペダル角度、つまりクランク角度が90度のとき、プロ選手の多くは円の接線方向(真下の方向)に効率良く踏力を加えているのに対し、ビギナー選手は前方に放り出すように無駄な踏力を加えていることが分かりました。「プロ選手群とアマチュア選手群・ビギナー選手群の接線方向のペダ

ル効率を比較してみると、そこには明らかな有意差があります」と積際教授は説明します(図1)。

一流選手のペダリング動作には、もっと深い秘密が隠されているに違いありません。そこで、次に表面筋電装置を選手の太ももやふくらはぎなどに取り付け、筋肉の働きからペダリング動作を医科学的に調べてみることにしました。

速筋と遅筋を巧みに使い分け パフォーマンスを最大限に発揮

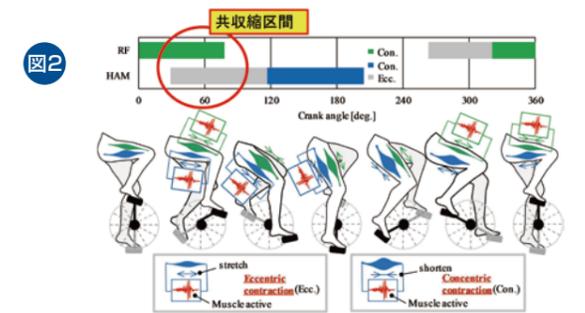
筋肉には、瞬発力がある速筋と持続力のある遅筋の2種類があります。「数時間に及ぶ長距離のレースでは、疲れにくい遅筋をいかに活用するかが勝利の鍵となります」。私たちが自転車を漕ぐとき、太ももの上側の速筋、つまり大腿四頭筋を使うイメージがあるかもしれません。しかし、先述のペダルのクランク角度と表面筋電計測のデータを照らし合わせてみると、一流選手になるほど太ももの裏側の遅筋、つまりハムストリングスをより主体的

に使用してペダリングを行っているといえます。また、クランク角度が180度の下死点あたりでもハムストリングスを使って膝を曲げ、ペダルの回転動作をよりスムーズにしていることも分かってきました。

次に、具体的な筋肉の動きを見ていきましょう。筋肉運動で身体に最も負担がかかるのは、例えば腕からバーベルなどの重りを下ろすとき、筋肉が縮もうと力を発揮しながら引き伸ばされている「伸張性筋収縮」の状態です。また、力こぶを作ったときのように、筋肉が上側と下側の両方から引っ張られている「共収縮」状態では、関節を硬くして固定することはできません。いわゆる力んだ状態となってうまく漕ぐことができません。「プロ選手の場合、伸張性筋収縮と共収縮の区間がビギナー選手に比べて短いことが分かってきました」と積際教授(図2)。大腿四頭筋とハムストリングス、これらの筋肉の使いどころをパッパッとうまく切り替え、疲れにくいペダリングに徹することで、自らのパフォーマンスを最大限に高めていることが証明されたのです。

教員の横顔 Toru Tsumugiwa

人間とロボットの協調、生体に優しい動きを実現するロボット開発をコンセプトに、介護・福祉に寄与するロボット研究に取り組んでいる。学生時代はインカレ自転車レースに出場した経験もあり、現在もトレーニングを兼ねて1週間に100km以上を走破するのだとか。現在の研究にも、「自らの経験が生かされている」と笑みをこぼす。



表面筋電位の評価方法

ルタイムに評価・計測できる装置は世の中になく、真新しい試みといえるでしょう。

奇しくも2018年3月、ロードバイクでのトレーニング中に転倒し、大腿骨転子下骨折で長期の入院を余儀なくされたという積際教授。退院後にトレーニングを再開し、4ヶ月後にはペダルの踏力、つまり接線方向の力の掛け具合はほぼ元の状態に戻りましたが、太ももの怪我をかばう形で、ふくらはぎの筋肉が顕著に働くようになったそうです。しかし、「新たに開発したトレーニング装置を使ってフィードバックしたところ、一度のトライアルで筋肉の使い方を意識的に変えることができました」と満足そうに笑顔を見せます。

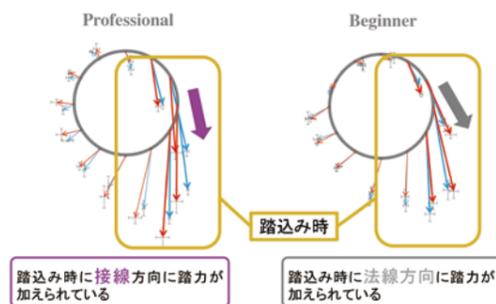
今後は、ロードレースの選手育成などに活用できるのはもちろん、例えば積際教授が並行的に進めている介護ロボット研究と組み合わせることで、歩行支援やリハビリ支援など新たな制御システムの開発につながるかもしれません。

一陣の風と共に…。遙か遠くのゴールラインに向かって、積際教授は新たなスタートラインに立とうとしています。

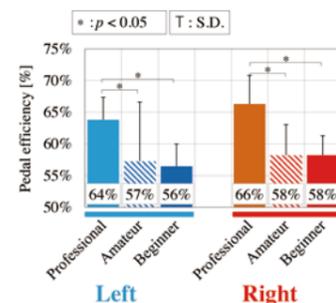
これぞ研究者魂! 怪我をバネに新たなトレーニング装置を開発

こうした研究成果を生かし、積際教授はペダリング動作時の踏力や筋肉の動きをリアルタイムに可視化できる自転車トレーニング装置を開発しました。今まで経験や勘に頼っていたペダリングトレーニングを定量的かつリア

図1 踏力の出力が異なるベクトル図による評価



プロ選手とビギナー選手の比較



• Tukey-Kramer法による各群の検定

各群のペダリング効率