

# 表面筋電位を用いた自転車のペダリング運動における筋活性の提示システムの開発

吉田彩乃<sup>†1</sup> 櫻沢繁<sup>†1</sup>

近年、通勤手段や運動方法の一つとして自転車への関心が高まっている。一般的に、ロードバイクなどのスピードに特化した自転車に乗るときには、ビンディングペダルと呼ばれる特殊なペダルとそのペダル専用の靴を使い、主に大腿四頭筋による踏み込む力の他に、主にハムストリングによる引く力の両方を利用してよりスピードを出している。各筋を意識し走行することはできるが、実際にその筋の活動状態を確かめることは一部の専門機関を除いて難しい。そこで、本研究では、表面筋電位を計測し、その筋の活動状態を提示するシステムを開発した。そして、実験を行い、その効果を調べた。

## Development of Indicating System of Muscle Activity in Pedaling Motion of Bicycle with Surface Electromyography

AYANO YOSHIDA<sup>†1</sup> SHIGERU SAKURAZAWA<sup>†1</sup>

Recently, a bicycle has received a lot of attention for commuter or sports. Usually, people who ride a road bike uses a special pedal called as binding pedal and a special shoes for the pedals. These items are used to increase speed by using not only pressing-down force by quadriceps muscle but also tractive force by hamstring muscle. To check each muscle activity is very difficult except in some specialized institutions for sports. Thus in this study, we measured surface myoelectric potential and developed an indicating system of each muscle activity. We experimented for test the effect of the providing system.

### 1. はじめに

自転車は日常の移動手段として多くの人に利用されている。また、体力や筋力を維持・増強させるための身近な運動方法として注目されており、スポーツとしての週 2 回以上の自転車サイクリングの実施率は 2.5% であり、人口推移は 258 万人とされている。これはジョギング・ランニングの実施率 2.4% とほぼ同程度の値であった[1]。一般的にロードバイクなどスピードに特化した自転車に乗るときにはビンディングペダルと呼ばれる特殊なペダルとそのペダル専用の靴を用いて、大腿四頭筋などによる踏み込む力のほかに、ハムストリングなどによるペダルを引く力の両方を利用してよりスピードを出している。

筋線維から発生する活動電位を体表面で計測することができ、それは表面筋電位 (EMG) と呼ばれている。この表面筋電位は皮膚に電極を貼付することで計測できるため、身体への影響が少なく、医療分野やスポーツ分野で利用されてきた[2][3]。

ヒルクライムなど傾斜のある状況で長距離を自転車走行する場合、同じ筋を使い続けていると疲労がたまりスピードが落ちてしまうため、筋を使い分け、パワーを維持することが重要になる。各筋の使い分けを意識し、走行することは可能だが、実際にその筋の活動状態を確かめながら走行することは、装置が高価などの理由により、一部の専門

機関を除いて困難である。

そこで、本研究では、専門機関以外での筋電位情報のより身近な利用を目指し、比較的安価なマイコンである Arduino とノートパソコンを用いた筋活動提示システムを開発した。そして、実験を行い、提示システムを使用しているときと使用していないときの筋電位を計測し、その効果を調べた。

### 2. 方法

本研究では、下記の方法で筋電位計測及び生体情報のフィードバックを行った。

#### 2.1 筋電位計測方法

電極を両足の大腿四頭筋及びハムストリングの位置に貼り、基準電位を膝の部分から計測した電位を回路の基準電位とした (図 1 参照)。電極には心電図計測用のパッシブ電極 (ディスポ電極 F ビトロード, 日本光電) を使用し、オペアンプを付けたワニグチクリップでそれを挟むことで、アクティブ電極とした。また、筋肉の活動の様子を調べるために、計測された筋電位を A/D 変換器 (PowerLab, AD Instrument) を通して PC に記録した。サンプリング周期は 1k [Hz] とした。

<sup>†1</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate



図 1 電極の貼付位置  
Figure 1 Position of patching of electrodes.

## 2.2 フィードバックシステム

上記の方法で計測した筋電位信号を積分し、マイコン (Arduino Mega 2560, Arduino LCC Arduino SRL) へ送信した。マイコンから送られてきた信号を PC で Processing を用いて処理し、PC モニターを通して図 2 の様に被験者に提示した。計測された筋電位が大きくなると円が大きくなるようにし、被験者に筋活動の様子を分かり易く提示した。また、図 2 中の赤丸が大腿四頭筋から計測された筋電位を示し、青丸がハムストリングから計測された筋電位を示している。また、それぞれの右側が右足、左側が左足に対応している。

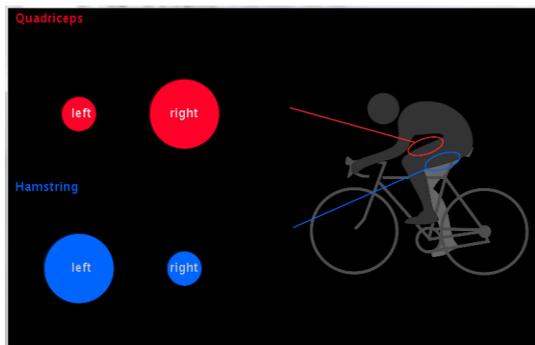


図 2 提示システムのイメージ  
Figure 2 Image of Indicating System.

## 2.3 実験環境

被験者は約 5 年間のロードバイク経験のある 40 代男性 1 名とした。被験者には室内での練習に一般的に利用されている 3 本ローラー台 (LiveRoll R800, MINOURA) の上で普段乗っているロードバイクに乗ってもらった。また、実験の前にローラー台に慣れてもらうために約 15 分間、被験者が慣れたと感じるまで練習してもらった。

被験者には「提示システムを使わず、筋の使い分けを意識しない」、「提示システムを使わず、筋の使い分けを意識する」、「提示システムを使い、筋の使い分けを意識しない」、「提示システムを使い、筋の使い分けを意識する」の 4 条件下でロードバイクに乗ってもらった。また、被験者には、ロードバイクについているストラダデジタル (cat eye, CC-RD430DW) をみながら、時速 30 [km] で漕ぐよう指示した。三本ローラー台の上で安定したと感じたら申告してもらい、そこから 1 分間のデータを取得した。図 3 に実験の様子を示した。自転車の転倒を防止するために、バランスを崩したときに支えられるよう両側に壁のある状況で実験を行った。



図 3 実験の様子  
Figure 3 Appearance of the experiment.

## 3. 結果

図 4 に「提示システムを使わず、筋の使い分けを意識しない」ときに計測された筋電位を示し、図 5 に「提示システムを使わず、筋の使い分けを意識する」ときに計測された筋電図を示した。横軸は計測開始からの経過時間であり、縦軸は計測された表面筋電位である。図 6 は筋の使い分けを意識していないときの左右の大腿四頭筋で計測された筋電位及び右脚の大腿四頭筋とハムストリングで計測された筋電位であり、図 7 は意識しているときに計測された結果である。横軸および縦軸は図 4 と同様である。図 6、図 7 において、左右の比較では、ともに交互に筋電位が計測されていた。しかし、大腿四頭筋とハムストリングの筋活動の比較では、2 条件ともにハムストリングで計測された EMG が大腿四頭筋で計測されたものにくらべ小さかった。また、それぞれの筋活動が重なっていることが多かった。

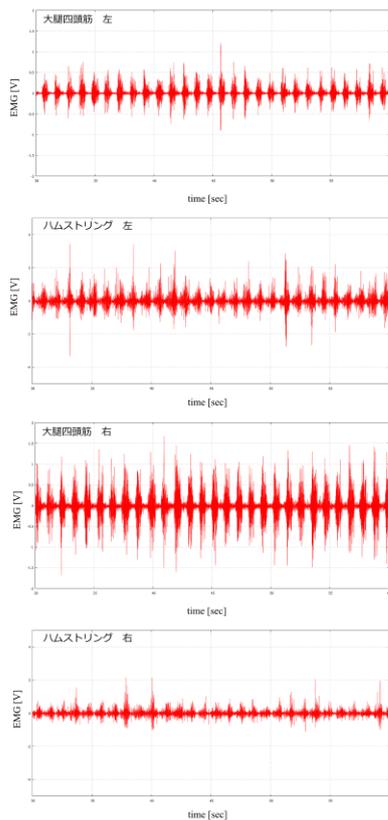


図 4 条件 1 のときの EMG  
Figure 4 EMG under condition1.

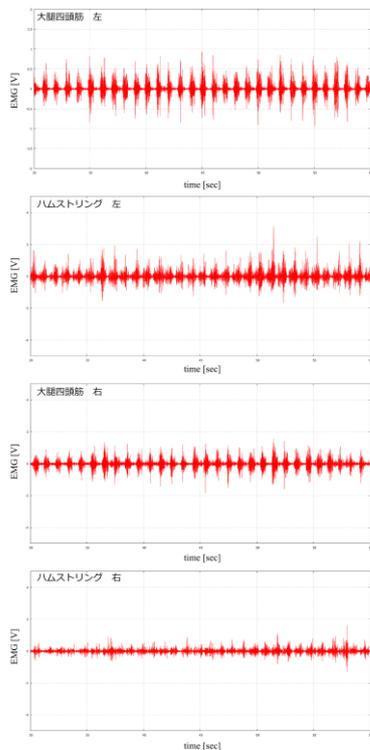


図 5 条件 2 のときの EMG  
Figure 5 EMG under condition2.

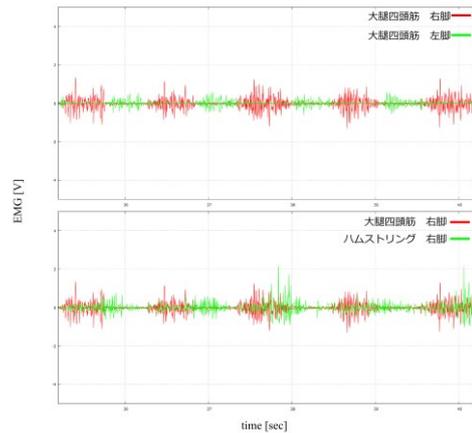


図 6 条件 1 のときの左右及び各筋の EMG の比較  
Figure 6 Comparing EMG of left and right thighs or each muscles under condition1.

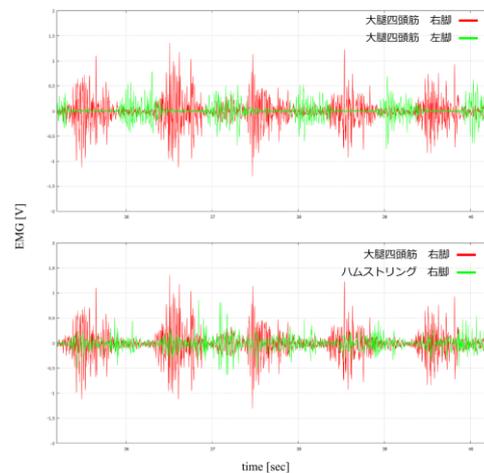


図 7 条件 2 のときの左右及び各筋の EMG の比較  
Figure 7 Comparing EMG of left and right thighs or each muscles under condition2.

図 8 に「提示システムを使い，筋の使い分けを意識しない」ときに計測された筋電位を示し，図 9 に「提示システムを使い，筋の使い分けを意識する」ときに計測された表面筋電位を示した．横軸は計測開始からの経過時間であり，縦軸は計測された表面筋電位である．図 10 は筋の使い分けを意識していないときの左右の大腿四頭筋で計測された筋電位及び右脚の大腿四頭筋とハムストリングで計測された筋電位であり，図 11 は意識しているときに計測された結果である．横軸および縦軸は図 4 と同様である．左右の比較では，両条件ともに，交互に筋電位が計測されていた．また，大腿四頭筋とハムストリングの比較では，図 10 では，活動のタイミングが重なっていることが多かった．しかし，図 11 では，左右の比較のときのように活動のタイミングが交互になっていた．また，提示システムを使わないときに比べ，ハムストリングで計測された筋電位の大きさが大きくなっていた．

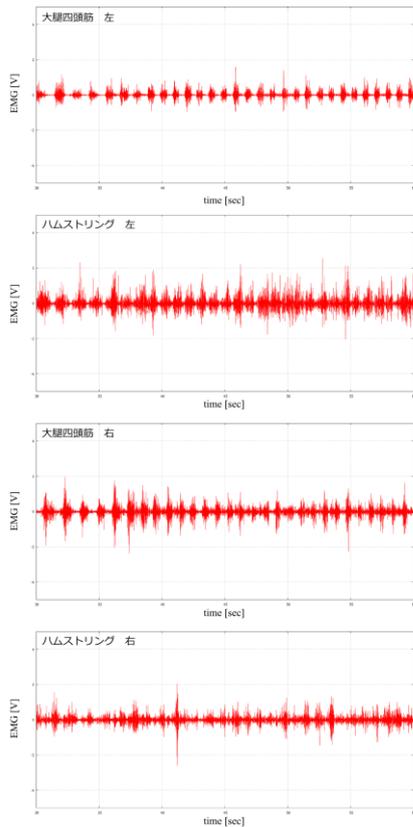


図 8 条件 3 のときの EMG  
Figure 8 EMG under condition3.

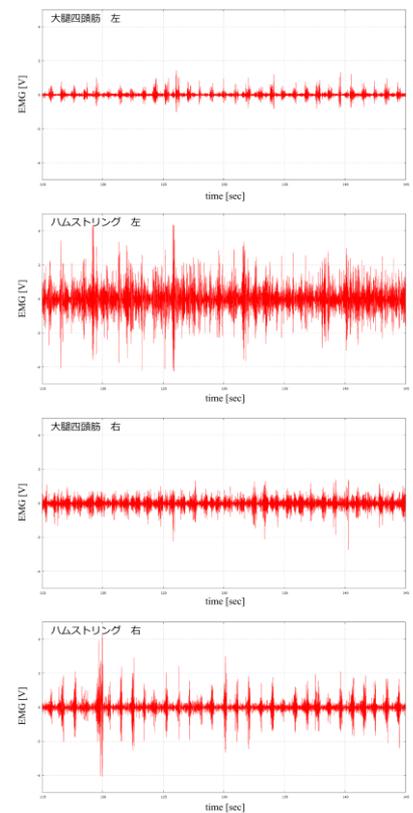


図 9 条件 4 のときの EMG  
Figure 9 EMG under condition4.

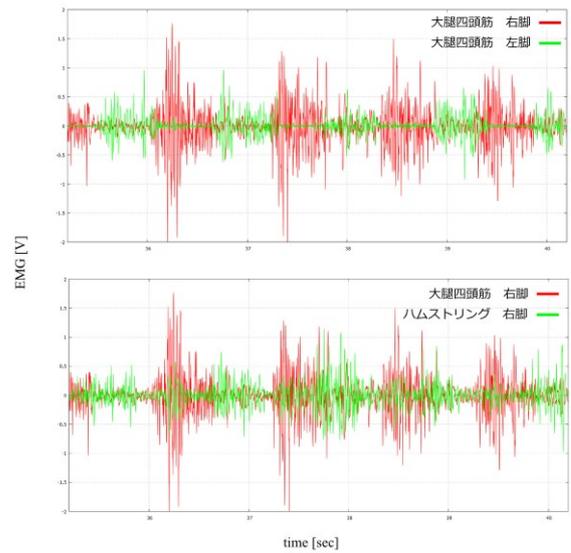


図 10 条件 3 のときの左右及び各筋の EMG の比較  
Figure 10 Comparing EMG of left and right thighs or each muscles under condition3.

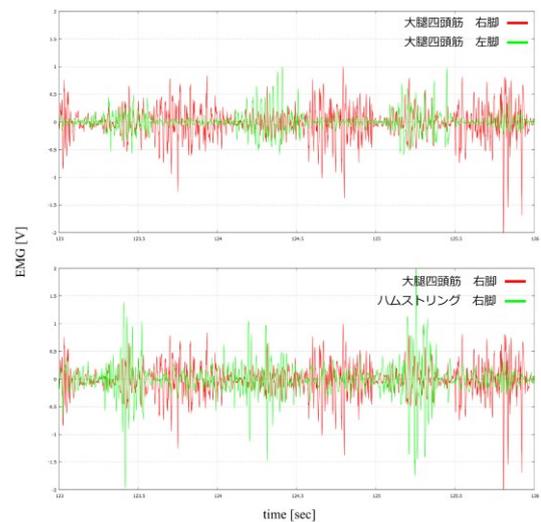


図 11 条件 4 のときの左右及び各筋の EMG の比較  
Figure 11 Comparing EMG of left and right thighs or each muscles under condition4.

#### 4. 考察

以上の結果より、提示システムを用いたときのほうが、使い分けを意識しているかどうかにかかわらず、ハムストリングから計測される筋電位が大きかった。これは、実際の筋活動の様子を提示システムによって確認することができ、それを通して筋活動が大きくなるペダルの漕ぎ方を見つけることができたからだと考えられる。また、提示システムを使用し、筋の使い分けを意識したときのみ、筋の活性化のタイミングが交互になっていた。このことから、提示システムで活動状態を知ることができたため、筋を使い分けることができたと考えられる。

## 参考文献

- 1) 笹川スポーツ財団:スポーツライフに関する調査(2008)
- 2) 才藤栄一, 金田嘉清, 岡田誠, 高橋修: 表面筋電位による筋力推定, 総合リハビリテーション, Vol.24, No.5, pp.423-430 (1996).
- 3) 稲葉洋, 瀧剛志, 宮崎慎也, 長谷川純一, 肥田満裕, 山本英弘, 北川薫:スポーツ動作分析の支援を目的とした人体センシング情報の可視化提示法, 芸術学会論文誌, Vol.2, No.3, pp.94-100 (2003).

【 この位置に改ページを入れ,以降のページを印刷対象外とする 】

- 1 笹川スポーツ財団:スポーツライフに関する調査(2008)
- 2 才藤栄一, 金田嘉清, 岡田誠, 高橋修: 表面筋電位による筋力推定, 総合リハビリテーション, Vol.24, No.5, pp.423-430 (1996).
- 3 稲葉洋, 瀧剛志, 宮崎慎也, 長谷川純一, 肥田満裕, 山本英弘, 北川薫:スポーツ動作分析の支援を目的とした人体センシング情報の可視化提示法, 芸術学会論文誌, Vol.2, No.3, pp.94-100 (2003).