

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 29 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01544

研究課題名(和文) ボート競技における伸縮性軽量オールの有効性の検証と野外体育プログラムの構築

研究課題名(英文) Instructing program for novice rowers using a retractile light oar

研究代表者

川原 繁樹 (kawahara, shigeki)

石川工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：30195127

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)：高性能かつ安価なマイコンarduinoを利用し、ボート初心者のオールを漕ぐ角度変化とストレッチャーにかかる足底圧変化を同時記録できる動作習得補助装置を製作した。ストローク動作中のオール角度や足底圧荷重をLEDライトの点滅により漕者が視認できるため、効率的なオール捌きのポイントを視覚的に指示できる指導方法の確立に寄与することができた。ボートの初心者指導の際の有効性を検証でき、ボート競技の普及拡大への展望が開けた。

研究成果の概要(英文)：For beginners in various situations, it is confirmed that visual instructions are one of the most effective way to show a concrete techniques and skills. The purpose of this study was to determine the efficient rowing movements for novice rowers. Rowing power coordinately generates the foot pressure force and the oar handle one. We could be established LED lighting system that used Arduino microcomputer as an effective guidance tool in order to measure the angular changes of oars and the foot pressure strength while stroking movement of an recreational boat.

研究分野：体育方法

キーワード：野外活動 ボート 指導方法

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 本校所在地である町所有の4人乗りナックルフォア艇は、町民の健康維持増進とボート競技に親しむスポーツ環境作りを目的に設置されている。近隣の既設資産を有効利用するため、屋外スポーツの一つとして本校学生のボート授業を推進し、初心者が安全に漕艇を楽しむために伸縮型オールの開発に取り組んだ。しかしオールの加工強度不足は想定以上に課題が多く、オール自体と漕手の安全性が確保できないため、初心者指導の際に簡便で視認しやすい装置の開発に切り替えた。

(2) 現在の実験装置は、数十万円から数百万円単位の高額な商品が市販されている。しかしながら、高性能かつ安価なマイコン Arduino を利用し、無線通信である wifi や 3G 等の使用が可能となった近年、計測機器も小型軽量化している。従って、広大な環境下で行うボート競技のストローク動作に関するデータ収集等の実験に適している。ボート初心者のオール捌きの角度変化と踏み込み動作に掛かる足底圧を同時記録することにより、経験者のように無駄の少ないスムーズなオール捌きを獲得するための教示システムを開発することとした。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、ボート滑漕中のストローク動作に着目し、ボート初心者のオール捌きを、リガー先端部のオールロックの角度変化とストレッチャー（両脚置き場）にかかる足底圧変化を、同時に計測することができる動作習得補助装置を開発する。ストローク動作の技術習得補助装置として、小型軽量の LED ライティングシステムを作成し、その有用性を検証する。

さらに、前方あるいは後方に位置する各漕手間の協応性とオール捌きの効率的運動様式を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究は、ボート初心者の競技への導入と、競技者の動作分析の双方を行うことができるシステムを作成する。ボート競技は、水面上で行うため、強い防水性が求められることや、競技種目であるペア、フォア、エイトの場合は、複数での計測が求められる。従って、強い耐水性を持ちながら、安価である装置が必要になるため、本研究では、比較的購入が容易で、安価なセンサを用いて計測システムを開発した。以下にその概要を示す。

### (1) オールの漕ぎ検出を行う装置

ボート競技において、オールの回転運動を計測するためのシステムは、エンコーダなどを用いたシステムが一般的である。しかし、高い防水性がある商品は高価格であり、漕手が複数人の場合は、すべての競技者に計測装置をつけることが難しくなる。また、エンコーダは高い分解性能を持つため、高速回転にも対応することができるが、ボート競技のオールを動かす速度は小さく、エンコーダの持っている性能に適していない。本研究では、ドアの開閉用磁気センサを応用したシステムを考案した。エンコーダに比べて精度が落ちることや、時間遅れ等の課題はあるが、価格を 10 分の 1 程度におさえることができる。これらの問題点に関しては、実際に製作し、センサとしての可能性の有無を明らかにしている。以下に回路の概要を示す。

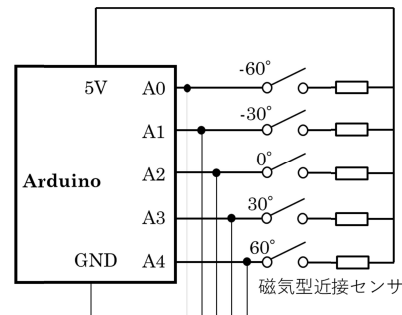


図 1 オール角度検出装置

オール角度の検出と電源供給を行うマイコンは Arduino を用いた。オールロック下部にセンサマグネットを貼付固定し、その直下に補助版を設置し、

耐水性と耐候性の高いスイッチマグネットセンサ配置する(図2.1)。センサマグネットとスイッチマグネットの距離が近づけば、電流が流れる仕組みになっている。本実験では、スイッチマグネットを 30 度間隔で 5 個を配置(図2.2)し、-60 度から+60 度の範囲の計測を行った。



図2.1 センサマグネットとスイッチマグネット

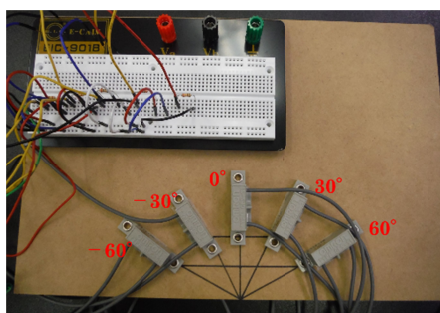


図2.2 スイッチマグネットの配置

## (2) フットセンサの概要説明

ボート競技は、オールのスโตรーク動作とともに、脚力も重要な要素となる。本研究では、オールの漕ぎ、脚を曲げ伸ばすタイミングの相関を調べるため、簡易的なフットセンサを製作した。また、市販されているフットセンサは、力の分布や細かい値も計測できるが高価である。しかも防水性が低く、転覆時の浸水による破損等を考慮すると使用が難しくなるため、INTERLINK 社製圧力センサ FSR402 を使用した。このセンサは 20N までの計測を行うことができ、比較的安価なセンサである。図 3 に示すようにセンサをインソールの踵と爪先の位置に貼り付けた後、シューズに挿入して計測を行った。

図 4 に、回路図を示す。

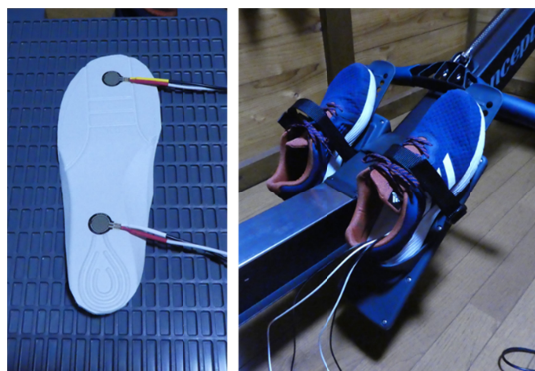


図 3 フットセンサの配置

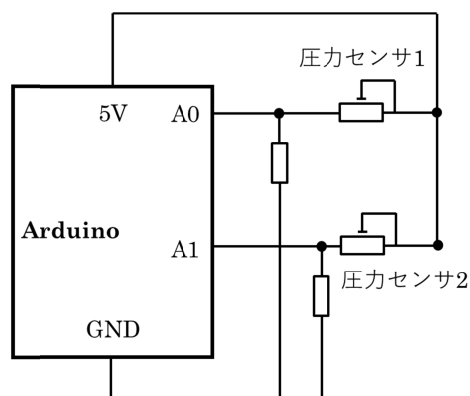


図 4 フットセンサーシステム

圧力センサ 1、2 は、それぞれ踵とつま先に対応している。センサは踏み込むことにより抵抗値が変化し、このときの変化する電圧を Arduino で読み込み計測される。なお、図 1 と図 4 は、1 台の Arduino により同時に記録される。

## (3) 計測管理システム

本計測において、センサの電源供給とデータ収集には、Arduino を用いた。Arduino は、データの多点計測が可能であることに加え、プログラムを作成することにより、内部で簡単なデータ処理が行える。また周辺機器も充実しており、SD カードによる保存や、Bluetooth、Wifi、3G 回線によるデータ転送なども比較的簡易的に行うことができ、それらの機器も安価である特徴を有する。ボート競技は、転覆によるシステムの破損が起こりうるため、高価なセンサやコンピュータを使いにくい点に加え、1000~2000m の直線競技となり、競技会場は広大である。Bluetooth などの通信範囲を超えるため、3G

によるデータ転送やSDカードによるデータ保存が重要となるため、Arduinoを採用した。

#### 4. 研究成果

##### (1) オールの漕ぎ検出を行う装置

オールを漕いでいる際のストレーク動作を測定するため、オール位置検出装置の性能を確認した。オールを動かす角度は予め決め、その中を数回往復させ、出力される信号を確認した。この報告書では、角度が小さい場合(図3.1)と、大きい場合(図3.2)を抜粋して示す。

また、製作した装置には-60度から+60度まで、30度おきに5点のスイッチセンサを配置したが、実験結果には-60度、0度、+60度のセンサの出力のみを表示する。2つの実験結果は、ともに0Vと5Vの信号が繰り返されている。これは5Vのときにマグネットスイッチとセンサスイッチが近接し、電気が流れた出力が得られている。この結果より、センサが正しく出力されていることがわかった。

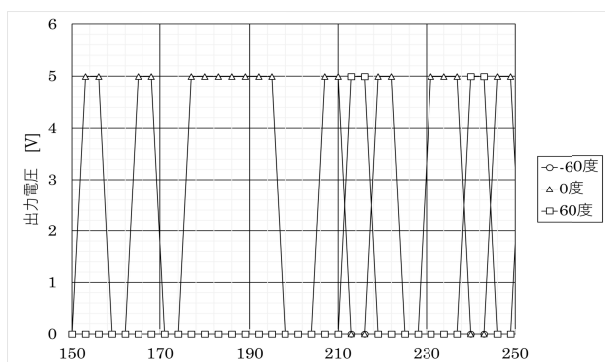


図3.1 漕ぎ角が小さい場合の実験結果

図3.1に示す漕ぎ角度が小さい場合は、0度の信号のみ出力されている。-60度と+60度の信号が出力されていないことは、-30度から+30度の間移動しており、正しい結果が出力されている。

また、図3.2は、-60度から+60度の間をオールロックが往復しており、-60度、0度、+60度の信号が規則正しく出力されている。従って、この装置の正当性を確認することができた。

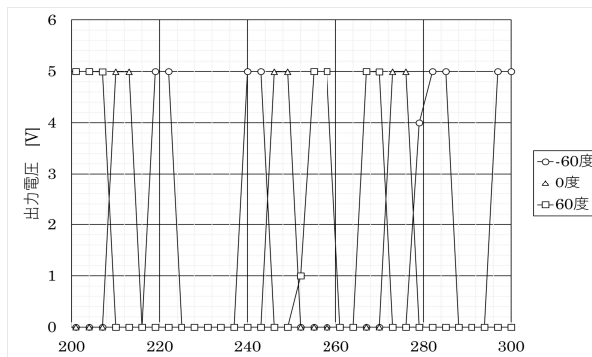


図 3.2 漕ぎ角が大きい場合の実験結果

##### (2) フットセンサに関する装置

製作したフットセンサの性能を調べるため、センサを貼付したインソールをシューズに入れ、ローイングエルゴメータを用いて脚の踏ん張りによる反応を調べた。脚を踏ん張る際、意識的につま先と踵にそれぞれ荷重をかけた場合の実験を行なった。

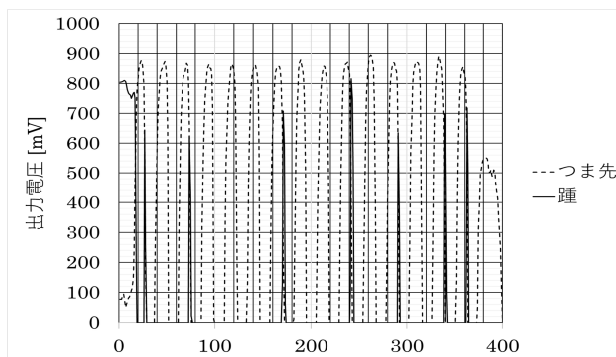


図 3.3 つま先荷重による実験結果

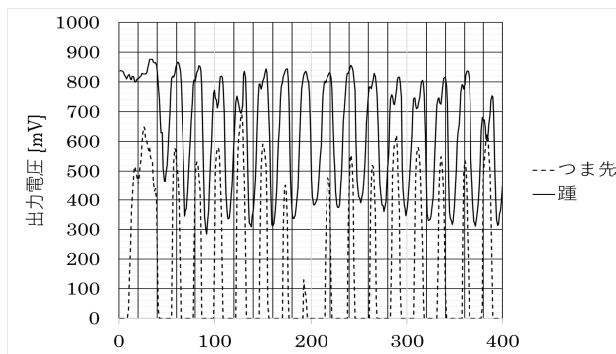


図 3.4 踵荷重による実験結果

図3.3と図3.4はそれぞれ、つま先と踵に荷重をかけた場合の実験結果である。つま先に荷重をかけた場合は、つま先による荷重の信号のみが出ている。踵荷重による場合は、踏ん張る際につま先にも力がかかるため、この信号が正しく出力されており、2つの信号の同期が正しく取れていることも確認することができた。これらの結

果より、脚を踏ん張るタイミングに加え、足底部のどちらに力がかかっているのかを明らかにすることが可能になった。

このフットセンサは、市販のインソールに圧力センサを貼り付けているため、荷重方向が拡散する。この拡散は、インソールの形状や柔らかさなどにより異なるため、荷重の大きさを計測することは難しいと思われ、タイミングとセンサ同士の相対的な値のみを計測することが可能なシステムである。

### (3) 初心者向けの動作習得補助システムへの応用

本システムは、複数のセンサを配置し、電気が流れるか否かを調べる単純なシステムである。したがって、Arduino でデータを収集するだけでなく、回路の途中に LED ライトを導入することにより、どの部分に電流が流れているかを視覚的に確認することが可能である。例えば、競技初心者などは、正しいフォームが得られず、オールを漕ぐ角度などがバラバラになる可能性がある。しかし、適切な位置にセンサを配置し、LED ライトが点灯するまで、オールを漕ぐことを意識すれば、安定した運動を継続することができ、今後、様々な分野への応用が可能になる。

(4) 安価で簡易な LED ライティングシステムを構築できたことは、初心者を指導する場合の効率的オール捌きのポイントを視覚的に指示する指導方法の確立に寄与することができる。さらに、タブレット型表示板を搭載できれば即応性が飛躍的に向上し、ボート初心者を指導するより有効な指導方法へ発展していく可能性を高める提案ができ、ボート競技の普及拡大への展望が開けた。

### < 引用文献 >

Ami Ushizu<sup>1</sup>, Shigeki Kawahara, Hiroh Yamamoto, The Learning Process of Uniformity Skills for Novice Rowers, Proceedings of 28th International Biomechanics in Sports, 2010, 751-752.

下田学, 福永哲夫, 川上泰雄, ローイングのバ

イオメカニクス-艇速に影響を及ぼす力学的要因-, バイオメカニクス研究, 11(2), 2007, 102-112.

Qi AN, 柳井香史朗, 中川純希, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一 (2016) 実映像と筋活動の重畳表示によるローイング動作教育システム, 日本機械学会論文集, 2016, 82(834).

Wing AM., Woodburn C., The coordination and consistency of rowers in racing eight. J. Sports Sci., 13, 1995, 187-197.

### 5. 主な発表論文等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

川原繁樹 (KAWAHARA, Shigeki)

石川工業高等専門学校・一般教育科・教授

研究者番号: 30195127

##### (2) 研究分担者

岩竹淳 (IWATAKE, Jun)

石川工業高等専門学校・一般教育科・准教授

研究者番号: 10342487