

令和元年6月19日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16542

研究課題名(和文) オープンウォータースイミングにおける泳技術評価法の開発と実用化

研究課題名(英文) Stroke time estimate in open water swimming using a tri-axial inertial sensor device

研究代表者

馬場 康博 (Baba, Yasuhiro)

新潟医療福祉大学・健康科学部・助教

研究者番号：50592614

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、角速度を測定できる慣性センサを海で使用することを想定して、海での実用性を検証することを目的とした。ワイヤレス慣性センサ(スポーツセンシング社製、SS-WS1216)を腰背部に取り付けて海という環境で何ストロークであったのか、5kmのデータ収集に成功した。また、両手首に装着することでクロールにおける両腕のコーディネーション、さらに腰背部に取り付けることで、体幹が傾く(頭が水上に出て、腰が水中に沈むような現象)、ピッチングの様子やレース中のストローク数を測定することができた。この慣性センサでの泳動作評価は、自然環境での泳技術の変化を明らかにできる可能性をもつことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで難しいとされてきた自然環境において、慣性センサの角速度情報を用いて、手首に装着することで左右ストロークの協調性(コーディネーション)や腰背部に装着することでストローク数に加え、体幹の回旋回数や体幹が傾く(頭が水上に出て、腰が水中に沈むような現象)、ピッチングの様子を定量化することができた。慣性センサにおける角速度情報は、スポーツ科学の発展のみならずヒトの生活動作を評価できるリハビリテーション医学分野への学術的波及効果も期待できる。さらに海洋環境における安全教育の開発に繋げることで、国民の生涯スポーツとしてのオープンウォータースイミングの普及を促進する一歩であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：An inertial motion sensor device is a highly transportable instrument for measuring swimming motion validated by numerous researchers. Open-water swimming (OWS) motion includes sighting the next buoy or other targets, and breathing while maintaining a front-crawl. Breathing to the preferential side leads to asymmetrical coordination of the upper limb (Seifert et al., 2008), indicating OWS races last longer than time than pool-based races, associated with oceans make it difficult to assess swimming techniques. These problems can affect evaluations of OWS, particularly the motion of the upper limb. Sensor technology may allow for improved analysis of stroke mechanics and race performance (Mooney et al., 2015). This study aims to quantify OWS and front crawl. We were able to estimate the Stroke Rate and Pull phase values from the measured inertial sensor values of both the tests. Inertial sensors can be used to quantify OWS.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：オープンウォータースイミング 慣性センサ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

川、湖、海洋もしくは海峡などで泳ぐオープンウォータースイミング(以下、OWS)を例にとれば、波(水面の上下運動)や水の流れなどを含む自然環境において、安全に水泳を楽しむための泳ぎ方や留意事項について検討されて然るべきであるが、ほとんど研究されていないのが現状である。そのような状況である主な原因として、以下の二つが挙げられる。

- 1) 自然環境における泳技術の評価法が確立されていない。
- 2) 自然環境の条件設定がコントロールできない。

### 2. 研究の目的

本研究では、呼吸と前方確認の動作を併せ持つオープンウォータースイミング(以下、OWS)と呼吸動作のみのクロール泳とを比較し、慣性センサを用いた泳技術の評価法を確立するとともに、海洋環境における泳技術評価法の有用性を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、OWS 中の泳技術評価法を開発し、環境に応じた最適な泳技術を探る。慣性センサのデータから、プール泳中の泳動作を推定し、画像解析から算出した動作情報との一致性を確認し、実際の OWS における長時間の測定、ストロークの協調性(コーディネーション)や腰背部に装着することでストローク数に加え、体幹の回旋回数や幹が傾く(頭が水上に出て、腰が水中に沈むような現象)、ピッチングの様子を定量化する。

#### (1) プール内での長時間測定

被験者長距離男子選手2名を対象に競泳での長距離種目の1,500mクロール泳を実施した。防水型9軸ワイヤレスモーションセンサ(スポーツセンシング社製、SS-WS1216、サイズ 厚さ 8mm ×タテ 67mm×ヨコ 26mm)を腰背部に装着した(図1)。サンプリング周波数は200Hzでセンサより得られた加速度と角速度から泳時間と総ストローク数を推定した。

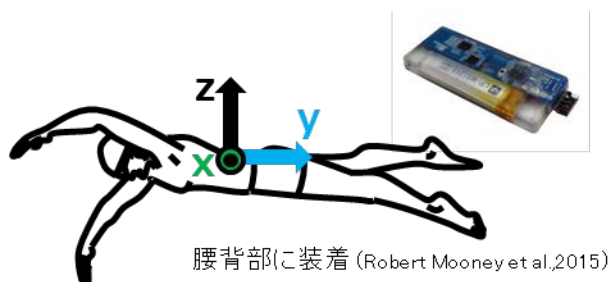


図1. 慣性センサの装着位置

#### (2) ピッチングの評価

男子競泳選手10名を対象に25mを毎ストロークにつき1回呼吸のクロール泳と前方確認と呼吸動作をしながらのOWSとの2試技を実施した。泳者の腰背部に防水型9軸ワイヤレスモーションセンサ(スポーツセンシング社製、SS-WS1216)を装着し腰背部が傾くピッチングの角速度情報を抽出した(図2)。1kHzの周波数でサンプリングし、平滑化した。

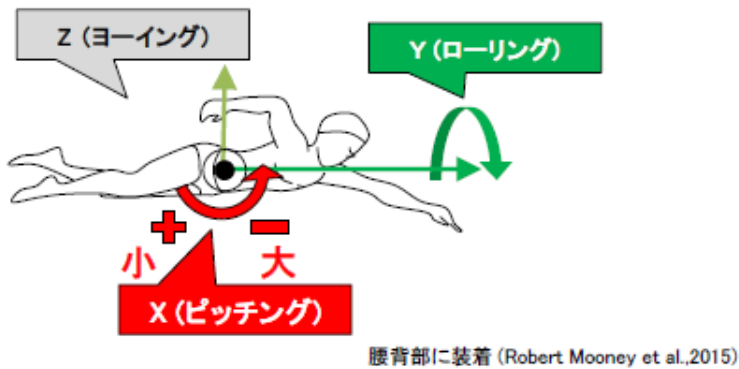


図2．慣性センサ装着位置と角速度を用いたピッチングの定義

### (3) 海洋環境での5km泳測定

被験者長距離男子選手1名を対象に5kmを実施した。防水型9軸ワイヤレスモーションセンサ（スポーツセンシング社製、SS-WS1216、サイズ 厚さ8mm×タテ67mm×ヨコ26mm）を腰背部に装着した（図1）。サンプリング周波数は50Hzでセンサより得られた角速度から泳時間と総ストローク数を推定した。

## 4．研究成果

### (1) プール内での長時間測定

映像では、ターン時に足を壁につけた瞬間。センサでは、Y軸加速度で壁を蹴って加速度がピークを迎えた時間から推定した。被験者1では、972.79秒と1/100秒まで一致した。被験者2は、0.12秒の差があった。25m毎の差異は、慣性センサデータによって推定された泳時間と手動計測値との差異を図3で表した。縦軸に時間、横軸に泳いだ距離を表している。青が被験者1、赤が被験者2で、薄い実線がセンサ、点線が手動計測の時間で表した。25mでの誤差は2名とも0.00秒。0.10秒以内の誤差であった。

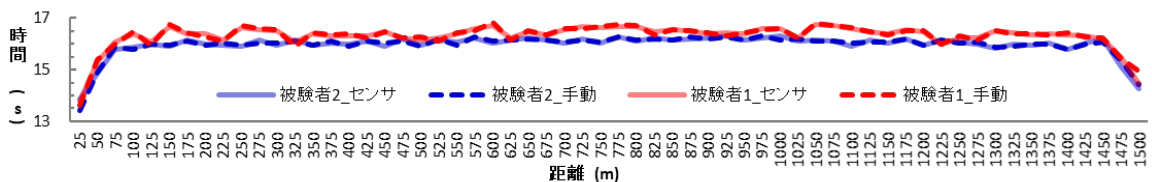


図3．慣性センサデータによって推定された泳時間と手動計測値との差異

次に、総ストローク数を比較した。表に映像をもとに算出したストローク数とセンサで得られたストローク数を表した。センサの情報はMatlabを用いて推定した。被験者1は、映像507回、センサ485回。被験者2は、映像439回、センサ435回。それぞれ22回、4回の差異があったものの、95%以上の正答率であった。

ターン局面以外のストローク局面の推定精度は高く、慣性センサは疲労の変化を測定できる可能性があることやOWSにおけるレースでは壁を使用せず、ストローク局面の割合が多いことを考慮するとOWSにおいても測定できる可能性が高いと予想する。

### (2) ピッチングの評価

角速度情報より1ストローク中に2回ないし3回程、周期的に腰背部が傾いていることが確認された。全試技において腰背部のピッチングに関する角速度情報を抽出できた。クロー

ル泳と OWS におけるピッチングの様子が観察され、被験者個人におけるキックの役割が腰背部のピッチングに影響しており、腰背部の傾きは前方確認によって変化していないが、上背部は変化している可能性が考えられた。慣性センサを用いた前方確認の区別には、装着位置を再検討する必要がある。

### (3) 海洋環境での 5km 測定

角速度情報より推定した 5km における泳時間は 64 分 53 秒であった。また、レース中の総ストローク数は 2,334 ストロークであり、レースにおける 3.75km 以降 (Phase4) において、ストローク数が増加していた (図 4)。

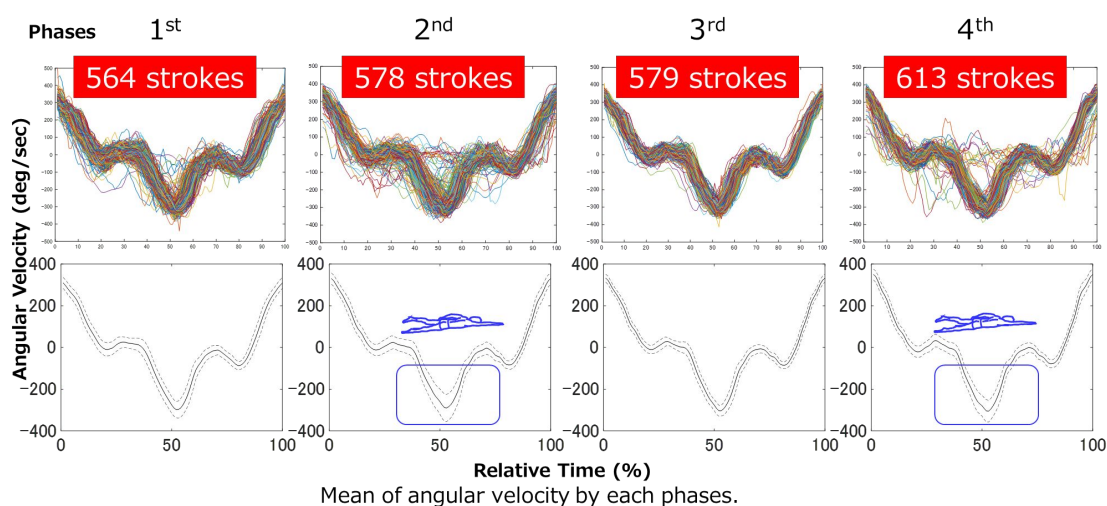


図 4 . 慣性センサの角速度情報をもとに推定した 5km における全てのストローク

慣性センサにおける泳時間の推定、体幹のピッチングの評価、海洋環境での測定は、先行研究同様に角速度情報から判定することができた。

以上のことから、慣性センサは、OWS の泳動作を評価する手段の一つとして活用できる可能性が示唆された。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 件)

〔学会発表〕(計 6 件)

Yasuhiro Baba et al., Stroke phase discrimination in 1500m front crawl swimming using a tri-axial inertial sensor device. Sports Medicine Australia Conference, 2016

馬場康博 他、オープンウォーターを想定した慣性センサの長時間にわたる泳動作情報抽出 . 日本体育学会 第 67 回大会 (東京), 2016

Yasuhiro Baba, et al., Quantifying front-crawl and open-water swimming strokes using three inertial sensors. 22nd annual Congress of the European College of Sport Science (Germany), 2017

馬場康博, 他、慣性センサの角速度を用いたオープンウォータースイミングとクロール泳動作におけるピッチングの評価 . 日本コーチング学会 第 29 回学会大会 (甲府市), 2018

Yasuhiro Baba et al., Quantifying front-crawl and open-water swimming strokes using three inertial sensors, 23th annual Congress of the European College of Sport Science, Ireland, 2018

Yasuhiro Baba et al., Stroke time estimate in 5 km open water swimming using a tri-axial inertial sensor device, XIII th International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming 2018, Tsukuba, 2018

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：佐藤 大輔

ローマ字氏名：Daisuke Sato

研究協力者氏名：市川 浩

ローマ字氏名：Hiroshi Ichikawa

研究協力者氏名：下門 洋文

ローマ字氏名：Hirofumi Shimojo

研究協力者氏名：奈良 梨央

ローマ字氏名：Rio Nara

研究協力者氏名：原 怜来

ローマ字氏名：Reira Hara

研究協力者氏名：池田 祐介

ローマ字氏名：Yusuke Ikeda

研究協力者氏名：下山 好充  
ローマ字氏名：Yoshimitsu Shimoyama

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。