

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：32634

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24700663

研究課題名(和文) オープンウォーター環境下におけるストローク頻度の簡易的測定手法の開発

研究課題名(英文) Development of the simple measurement technique of the stroke frequency under the open water environment.

研究代表者

富川 理充 (TOMIKAWA, MASAMITSU)

専修大学・商学部・准教授

研究者番号：50614492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)： これまでは困難で実現されていないオープンウォーター(OW)環境下におけるストローク頻度の測定と分析を試み、その意義と可能性を明らかにすること、モーションセンサを用いて従来から簡便にストローク頻度を測定する手法を開発すること、を主な目的とした。前者において、初めてOW環境下で行われたトライアスロンスイム中のストローク頻度の測定、およびその推移を呈示することに成功した。後者では、モーションセンサを用いてストローク頻度を測定することの妥当性を示すことができた。本研究により、OW環境下でのストローク分析のさらなる可能性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)： To measure stroke parameters during swimming under open water environment (OWS) have not yet achieved by difficulty in creating the measurement environment. There were two main purposes in this study. The first one was to attempt at measuring stroke frequency and representing its trend during swimming for an actual triathlon race, and the other was to verify the validity of the method using a motion sensor, which was developed for human motion measurements, to measure stroke parameters during front crawl swimming.

This study was the first to measure stroke frequency of elite triathlete and to represent its trend during swimming for an actual triathlon race, and besides, was able to clarify great significance in analyzing strokes during OWS. Furthermore, the validity of the method using a motion sensor was verified in comparison to the method using video analysis. These results suggested that using a motion sensor could measure stroke frequency more easily during OWS.

研究分野： コーチング

キーワード： トライアスロン オープンウォーター モーションセンサ スイミング レース分析

1. 研究開始当初の背景

オリンピックの正式競技として定着したトライアスロンは、急速にレースのスピード化が進んでいる。世界のエリートレースでは、スイムを上位グループで泳げなければ、優勝どころか入賞も狙えない状況にある。

泳速度はストローク頻度とストローク長の積で決定される。競泳では、これらのストロークパラメータが選手の特徴を知る有効な資料とされ、レース中の推移を分析した研究も多い^{①,②}。しかし、トライアスロンレース中のスイム(以下、トライアスロンスイム)はそのほとんどがオープンウォーター(以下、OW)環境下で行われるため、映像情報をもとに行われる従来のストロークパラメータの測定が非常に困難であり、その記録や分析が行われた研究は、調べる限りでは見当たらない。

最近になって、スポーツ科学分野などでの利用を想定されて開発された、小型軽量の身体運動計測用の防水型9軸ワイヤレスモーションセンサ(LOGICAL PRODUCTS, 以下、モーションセンサ)が開発され、OW環境下でのストロークパラメータの測定、分析、研究の道が開けた。

2. 研究の目的

(1) 従来用いられていた方法を用い、トライアスロンスイム中におけるストロークの分析、特にストローク頻度の測定とその推移を明らかにすることを試み、今後のトライアスロンスイムにおける研究の可能性を示すことを目的とした。

(2) モーションセンサから得られたデータを、従来のビデオ映像を用いて得られたデータと比較することによってその妥当性を確認し、今後のOW環境下における泳動作分析のための運動計測に応答可能かどうか検証することを目的とした。

(3) さらに、モーションセンサを用いた簡便なストローク頻度の測定手法を開発することで、トライアスロンスイムやOWスイム中のストローク頻度の推移を記録し、レース戦略や展開、トレーニングを組み立てる際の参考情報の提供や、オープンウォーター環境下のスイムに有効な泳技術の探求に資することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 国内のエリート選手を対象としたある選手権のトライアスロンレース(総距離25.75km:スプリント・ディスタンス、男女別)に参加し、上位成績を残した男子選手1名、女子選手1名を対象とした。

スイムコース上の、浜辺とほぼ平行の片道約250mの直線区間の往復を分析対象区間とした。分析対象区間のほぼ中間地点の浜辺上にDVカメラを設置し、選手の泳動作を30Hzに

て撮影した。各対象選手の往復路別に、分析対象区間におけるストローク数、要したラップタイムを集計した。記録した映像より、右手あるいは左手が入水した瞬間から次に入水する瞬間までの1ストロークに要した時間(ストローク時間)を算出し、ストローク頻度(1分間当たりのストローク数)を測定した。

(2) トライアスロンの男子エリート選手1名を被験者とした。回流水槽を用いた3分間泳を、実際のトライアスロンスイム中のタイムを参考に設定した異なる5段階の流速(1.10m/sから1.30m/sまでの0.05m/s刻み)で行った。セット間には十分な休息時間を取った。測定時はトライアスロンのレースウェアを着用させた。

各3分間泳中、回流水槽の左側方の観察用窓より被験者の泳動作を撮影し、得られたビデオ映像より、1ストローク毎にストローク時間(左手が入水した瞬間から次に入水する瞬間までの時間)を算出した。

同時に、レースウェアの腰背部裏地に、屋外作業用の耐水型両面テープを用いてモーションセンサを装着し、試技中の体幹部のローリング動作を100Hzにて記録した。得られたデータはコンピュータに取り込み、MATLAB(MathWorks)を用いて処理をし、1ローリング動作毎のローリング周期時間(ローリング動作の周期時間)を抽出した。

(3) 男子エリート選手数名を対象とした。実際のトライアスロンレースにおいてモーションセンサを装着し、トライアスロンスイムのストローク頻度を測定した。データ処理は方法(2)と同様に行い、同一レースにおける選手間、あるいは同一選手のレース間の比較を行った。

4. 研究成果

(1) 本研究によって、初めてトライアスロンスイム中のストローク頻度の測定、およびその推移を呈示することに成功した(図1)。男女選手ともにスタート直後から徐々に低下する、男子選手の方が女子選手よりも平均的に高い、往路よりも復路の方が全体的に低く抑えられかつ変動が少ない、などの傾向を読み取ることができた。ストローク頻度を変動させる要因は様々考えられ、それらを明らかにすることは出来なかったが、トライアスロンスイムにおいて、潮流や波の状態、レース展開、疲労度、個人のストロークの特徴などがストローク頻度にも反映されていることが示唆され、トライアスロンスイム中のストロークの分析の意義、可能性を示すことができた。

OW環境下では、潮流や波、他競技者などの影響で選手の泳動作を撮影し続けることが困難であり、また、実際のレースでは、不必要な装備を装着することでパフォーマンス

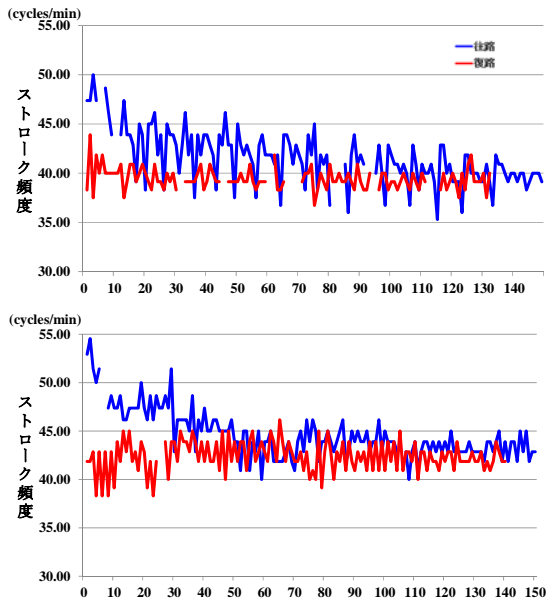


図1 トライアスロンスイム中の1ストローク毎のストローク頻度（上図：女子選手、下図：男子選手）

発揮の妨げになる可能性がある。そのため、これまでOW環境下のスイムやトライアスロンスイムのストロークパラメータに関する研究は行われてこなかった。本研究によって、競泳同様、OW環境下の泳動作にも、ストローク頻度やその変動に選手の特徴やコンディションの状況が表れることが示唆された。さらに、横断的あるいは縦断的にデータを蓄積することにより、トライアスロンスイムのパフォーマンス向上に資するデータを提供できることが示唆された。

(2) 従来からストロークパラメータを測定する際に用いられているようにビデオ映像から得られたストローク時間と、モーションセンサを用いて腰背部のローリング動作の周期を記録し得られたローリング周期時間とを比較した結果、両者に差がないことが明らかとなり（図2）、モーションセンサによってストローク頻度を測定することの妥当性を証明することができた。

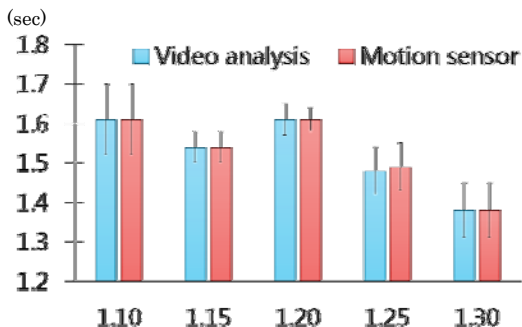


図2 各流速におけるビデオ映像より得られたストローク時間（Video analysis）とモーションセンサを用いて得られたローリング周期時間（Motion sensor）の平均値

ストローク時間は手部の軌跡をもとに、一方のローリング周期時間は腰背部の角速度をもとに抽出されたものとなり、測定しているものは異なる。クロール泳は、ストローク中の腕の動作に追従して腰背部のローリング動作が行われるために時間差は生じる。しかし、同様の動作が繰り返し反復される周期運動であり、毎回のストロークでその時間差が大きく変化することは考えにくい。本研究で示されたように、モーションセンサによって得られたローリング周期時間も、ストローク時間と同様の変数として扱うことが可能といえよう。

ビデオ映像からストローク頻度を測定する場合、測定したい区間で常にその対象となる選手を捉えている必要があった。よって、トライアスロンスイムでは、DVカメラ1台ないし複数台で対象者1名の測定が基本となる。しかしながら、モーションセンサを用いれば、1レース中に複数名の測定が可能となる。また、全体を通して継続的に記録することができる。同一レースでの選手間の比較や、レースの局面ごとの比較が可能となるとともに、映像、GPSなどの情報と統合させることで、トライアスロンスイムやOW環境下における研究のさらなる広がりが期待された。

(3) 実際のトライアスロンレースにおいてモーションセンサを用いたストローク頻度の測定を行い、対象とした2、3名の選手から同時にデータを収集することができた。これにより、同一レースにおける選手間の比較が可能となった。また、同一選手を対象に年に数レースの測定を行い、レース間で比較することができた。詳細な検討には至っていないが、トライアスロンスイム中のストローク頻度を横断的、および縦断的に比較検討することにより、選手の特徴を抽出できる可能性を示すことができた。

<引用文献>

①Dekerle J, The use of critical velocity in swimming? A place for critical stroke rate? In: Vilas-Boas JP, Alves F, and Marques A, (Eds.) Biomechanics and Medicine in Swimming X, Portuguese J Sport Sci, 6; Suppl. (2), 2006, 201-205.

②松田有司、山田陽介、赤井聡文、生田泰志、野村照夫、小田伸午、100m自由形におけるストローク頻度とストローク長からみた泳タイプ分類、体力科学、59(5)、2010 465-474

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計2件）

①富川理充、椿浩平、椿本昇三、佐竹弘靖、ビデオ映像およびモーションセンサを用いたクロール泳のストローク動作分析の比較、専修大学スポーツ研究所紀要、査読

有、37、2014、19-25
http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=6581&item_no=1&page_id=13&block_id=52

- ②富川理充、佐竹弘靖、トライアスロンスイム中のストローク頻度測定を試み、専修大学体育研究紀要、査読有、36、2012、29-36
http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=4522&item_no=1&page_id=13&block_id=52

[学会発表] (計8件)

- ①富川理充、ウォーミングアップ時のウェットスーツ着用の是非について、第5回JTUトライアスロン研究会、2016年1月10日、専修大学神田キャンパス(東京)

- ②富川理充、モーションセンサを用いたクロール泳のストローク頻度評価、第4回JTUトライアスロン研究会、2015年1月11日、東京スポーツ・レクリエーション専門学校(東京)

- ③下門洋文、富川理充、椿浩平、佐竹弘靖、椿本昇三、モーションセンサを用いたクロール泳のストローク評価—トップトライアスリートへの応用事例—、第69回日本体力医学会、2014年9月20日、長崎大学(長崎)

- ④富川理充、椿浩平、トライアスロンレース中のストローク頻度分析、第3回JTUトライアスロン研究会、2014年2月16日、専修大学神田キャンパス(東京)

- ⑤富川理充、トライアスロンレース中のストローク頻度、第2回JTUトライアスロン研究会、2013年2月23日(土)、専修大学神田キャンパス(東京)

- ⑥TOMIKAWA Masamitsu、SATAKE Hiroyasu、Stroke Rates and Its Trends during Swimming for an Actual Triathlon Race、2nd. ITU Science and Triathlon World Conference、2013年2月8日、Switzerland (Maglingen)

- ⑦富川理充、トライアスロンの研究動向とロンドンオリンピック、2012年日本水泳・水中運動学会年次大会「若手の会」勉強会、2012年10月19日、福岡大学(福岡)

- ⑧富川理充、佐竹弘靖、トライアスロンスイムにおけるストローク分析、日本海洋人間学会第1回大会(設立記念大会)、2012年9月23日、東京海洋大学品川キャンパス(東京)

[図書] (計0件)

[産業財産権]
○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織
(1) 研究代表者
富川 理充 (TOMIKAWA, Masamitsu)
専修大学・商学部・准教授
研究者番号：50614492

(2) 研究分担者 ()
研究者番号：

(3) 連携研究者 ()
研究者番号：