

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：34411

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01681

研究課題名（和文）競泳における種目に応じたスタート方法の提案，効果検証

研究課題名（英文）Proposal of starting method corresponding to event in swimming competition and verification of effect

研究代表者

尾関 一将（Ozeki, Kazumasa）

大阪体育大学・体育学部・准教授

研究者番号：90535113

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000 円

研究成果の概要（和文）：競泳キックスタートにおける跳び出し水平速度は後脚の力発揮の貢献度が大きいことが明らかとなった。また、跳び出し水平速度を向上させるためには手部の力発揮の大きさやタイミングが重要であることが示唆された。さらに自由形を専門とする一流選手の特徴としてブロックタイムが短いこと、跳び出し水平速度が大きいことが明らかとなった。

種目に応じたスタート方法においては、平泳ぎの選手は自由形の選手と比較して入水角が小さい傾向が認められた。しかしながら被験者数が少ないため、今後さらなる詳細な検討が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によってバックプレート付きスタート台を用いたキックスタートの指導において種目特性に応じた技術指導の必要性が示唆された。またスタート局面パフォーマンスを決定する跳び出し水平速度を向上させるためには下肢の力発揮を大きくすることとともに上肢の力発揮の大きさやタイミングが重要であることが示唆された。本研究の結果は競技力向上を目的とした実践研究として重要であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：It was clarified that horizontal velocity at take-off at the start of a competitive swimming kick is greatly contributed by the exertion of power of the rear leg. And, it was indicated that volume and timing of the force exertion of the hand division were important in order to improve the horizontal velocity at take-off. In addition, it was clarified that the block time was short and the horizontal velocity at take-off was large as features of the elite swimmer who specialized in the freestyle.

In the start method in proportion to the event, Breaststroke swimmers tended to have smaller entry angles than freestyle swimmers. However, since the number of subjects is small, further detailed examination is necessary in future.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：競泳 キックスタート 種目特性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

競泳のレース局面構造はスタート局面、ストローク局面、ターン局面、フィニッシュ局面の各局面に分類される(日本水泳連盟 2005)。競泳のレース分析に関する報告の多くはスタート局面の重要性を報告している(岩原 2000, 立 2003, 生田 2001, 若吉ら 1989)。

2009年に国際水泳連盟の施設規定が変更され、競技大会におけるバックプレート付きスタート台の採用が決定された。このスタート台の変更により従来のスタート台を用いたスタート方法との比較を行った研究がいくつか行われた(尾関ら 2012, 2011, Honda et al. 2011, 武田 2011)。尾関ら(2014)は大学競泳選手を対象としたスタートパフォーマンスの性差による比較において、性別によって向上する運動学的変数が異なることを報告した。また水藤ら(2015)はスタート開始時の前脚の脚伸展パワーの大きさがスタートパフォーマンスに影響を与えることを報告している。このような競技力向上を目的として検討を行った研究は少なく、現場の指導者、研究者の間で実践的な研究の必要性が指摘されている。

競泳におけるスタート局面研究は、入水後のパフォーマンスが重要である(本間 1997, 尾関 2010)と報告されているものの、入水・水中動作における解析の難しさから、スタート台上動作のキネマティクスの分析(武田 2012)やスタート方法の比較(Hobbie.1980, 新宅 1986)などの報告が多い。しかしながら、尾関ら(2010)は入水後のパフォーマンスを決定する入水時の運動学的変数に着目し、入水時の姿勢、入水時の身体重心絶対速度のベクトル方向がスタート局面パフォーマンスに影響を与えることを報告しており、入水後のグライド局面の重要性を報告した。このようにグライド局面の重要性は認知されているものの、先行研究においては自由形を用いて検討をしているものがほとんどであり、グライド局面が大きく異なるバタフライ、平泳ぎといった種目を対象とした研究は行われていない。植松(2012)は種目によってスタート局面パフォーマンスを示す 15m 通過時間が大きく異なることを報告している。その理由として、グライド局面は泳法によってルールが定められているために大きく異なることが示されており、種目それぞれに応じたスタート方法を検討することは重要であると考えられる。

2. 研究の目的

(1) キックスタートにおける運動学的変数が 15m 通過時間に与える影響

大学競泳選手を対象に跳び込みから 15m 通過までの各運動学的変数を算出することによって 15m 通過時間に影響を与える運動学的変数を明らかにすることを目的とした。

(2) 自由形を専門とする男子一流選手のスタートの運動学的特徴

自由形を専門とする男子一流選手と大学競泳選手のスタート局面における各種運動学的変数を比較することで男子一流選手のキックスタート動作の特徴を検討することである。

(3) 競泳における種目に応じたスタート動作の特徴

大学生競泳選手を対象に平泳ぎおよびバタフライにおける跳び込みから 15m 通過までの各運動学的変数を算出することによって種目による運動学的変数の違いを明らかにすることで種目特性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 飛びだし速度とスタート動作における運動学的変数の関係

被験者は日本代表選手 1 名を含む男子大学生競泳選手 5 名を対象に行った。試技は十分なウォーミングアップを行った後に身体マーカを装着し、特注のスタート台から 15m 全力泳を行った。実験は 3 台の高速度カメラ(120Hz)を用いて撮影を行った。スタート動作を 2 次元平面上で行っていると仮定し、左右対称の運動として解析を行った。高速度カメラで撮影した映像はパーソナルコンピュータに取り込み、2 次元 DLT 法を用いて、画像分析を行った。分析された画像から、スタート後の 1/120 秒毎の身体重心の時系列座標、各運動学的変数を算出した。また、スタート台上動作における力の測定は特注のスタート台を用いた。このスタート台は傾斜 10 度の特注スタート台上の前後に防水小型フォースプレート(TF-2050-W、テック技販製)およびスタート台前面の左右に防水 3 軸力覚センサ(TLB05-500N、テック技販製)を設置したものであり、スタート台上動作時の力を 500Hz で測定した。得られた力データ(スタート方向の前後成分)を時間積分し、身体質量で除すことで被験者の速度変化量を算出した。この速度変化量を水平速度とした。算出された各運動学的変数と飛び出し速度の関係を明らかにすることで跳び出し速度を高める技術について検討することとした。

(2) 自由形を専門とする男子一流選手のスタートの運動学的特徴

被験者は男子一流選手 1 名と大学水泳部に所属する男子競泳選手 11 名の計 12 名であった。なお、大学選手 11 名のデータは水泳水中運動科学にて掲載された論文データ(尾関ら, 2014)を再解析したものである。日本水泳連盟公認の室内プール(50m x 8 レーン, 水深 1.3~1.8m)、バックプレート付きスタート台(高さ 0.75m, スタート台傾斜角度 10 deg, バックプレート傾斜角度 30 deg, 中央産業社製)を用いて実験を行った。被験者のスタート局面のパフォーマンスを評価するためにクロール泳での 25m 最大努力泳中の 15m における頭部通過時間を測定した。スタート試技を電氣的に同期させた 3 台の CCD ビデオカメラ(DHC-990, SONY 社製)を用

いて、撮影スピード毎秒 60 コマ、露光時間 1/1000 秒で撮影を行った。スタート動作を 2 次元平面上で行っていると仮定し、分析を行なった。CCD ビデオカメラで撮影した映像はパーソナルコンピュータに取り込み、画像分析ソフト (FRAME - DIAS, DKH 社製) を用いて手動デジタルサイズを行い、実長換算法を用いて被験者のマーキングポイントの実座標を算出した。画像分析により得られた実座標データはバターワース型のデジタルフィルターを使用し、データの平滑化を行った。デジタルフィルターの遮断周波数は、残差分析による最適遮断周波数の決定を行い、3~5Hz に設定した (Winter, 1979)。得られた実座標から阿江ら (1992) の身体部分係数を用いて、スタート局面の 1/60 秒毎の身体重心の座標を算出した。また算出した身体重心の座標を 2 回微分することで加速度を算出した。

(3) 競泳における種目に応じたスタート動作の特徴

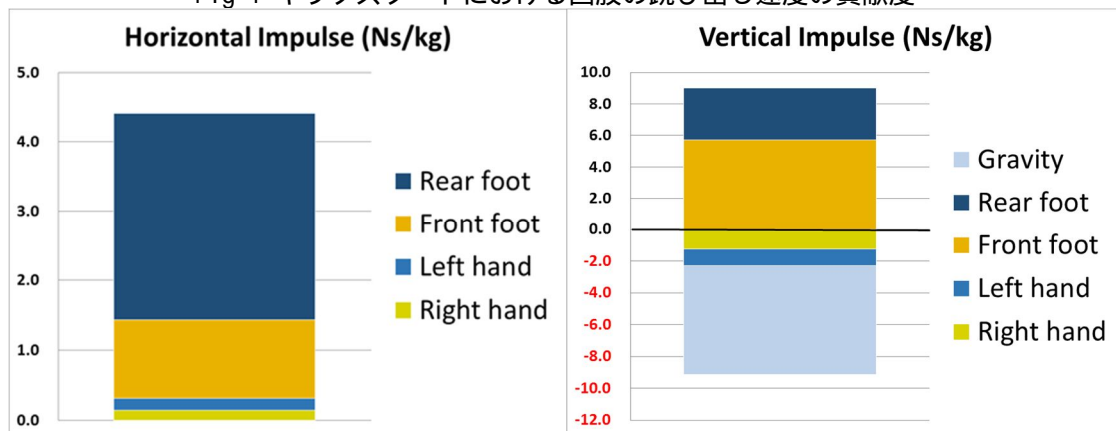
被験者は男子大学生競泳選手 13 名 (自由形 5 名, 平泳ぎ 8 名) を対象に行った。3 台の高速度カメラ (120Hz) を用いて撮影を行った。試技はバックプレート付きスタート台を用いてスタート試技を 1 回行わせた。スタート動作を 2 次元平面上で行っていると仮定し、左右対称の運動として解析を行った。高速度カメラで撮影した映像はパーソナルコンピュータに取り込み、2 次元 DLT 法を用いて、画像分析を行った。分析された画像から、スタート後の 1/120 秒毎の身体重心の時系列座標、各運動学的変量を算出した。算出された各運動学的変量とスタートパフォーマンスを示す 15m 通過時間との関係性を明らかにすることで種目の違いによる運動学的変量と 15m 通過時間の関係の違いを明らかにした。

4. 研究成果

(1) キックスタートにおける跳び出し速度と運動学的変量の関係

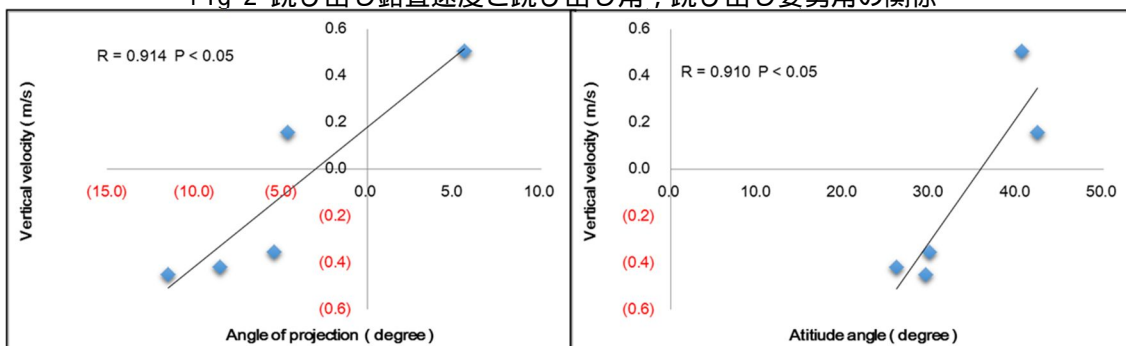
キックスタートにおける跳び出し水平速度に対する四肢の貢献度は後脚が大きいことが明らかとなった (Fig 1)。また跳び出し鉛直速度は足部によって生じる鉛直方向の反力を手部がスタート台を引き付けることで上方向に跳び出さないようにしていることが明らかとなった。

Fig 1 キックスタートにおける四肢の跳び出し速度の貢献度



跳び出し鉛直速度と跳び出し角の間に有意な正の相関関係が認められた。また、跳び出し鉛直速度と跳び出し姿勢角の間に有意な正の相関関係が認められた。

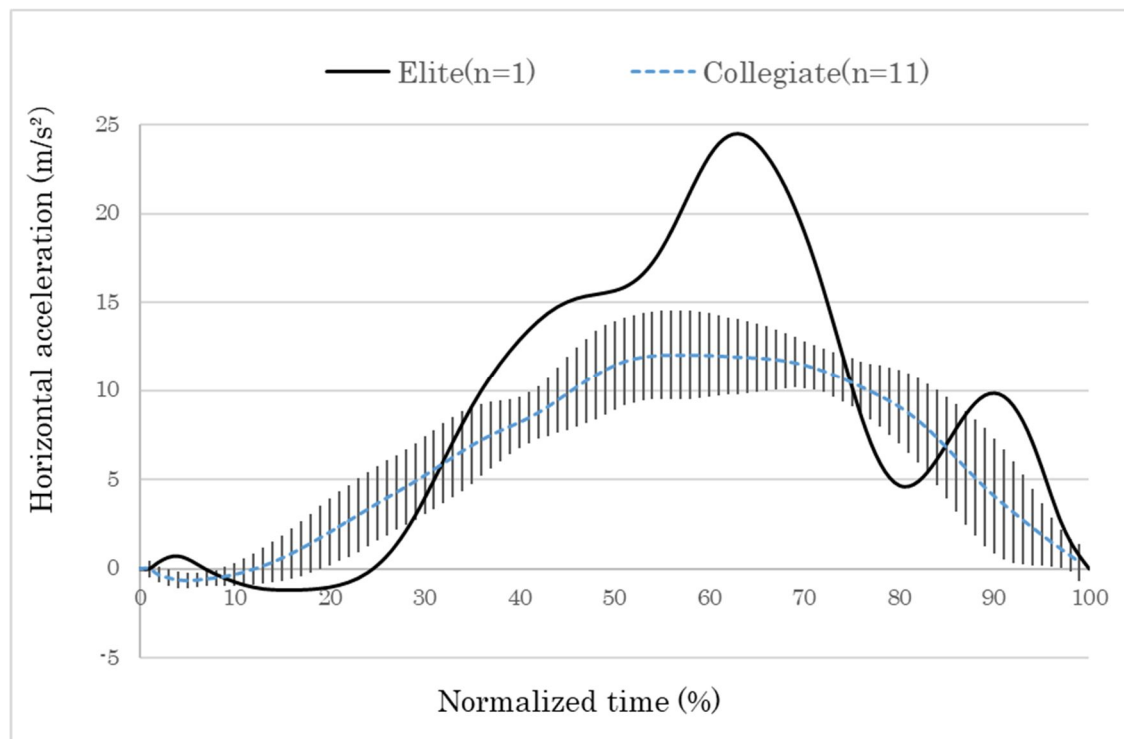
Fig 2 跳び出し鉛直速度と跳び出し角、跳び出し姿勢角の関係



(2) 自由形を専門とする男子一流選手のスタートの運動学的特徴

一流選手は大学生選手と比較してスタート局面パフォーマンスを示す 15m 通過時間が有意に短いことが示された (一流: 5.55 sec, 大学生: 6.78 ± 0.33 sec)。また 15m 通過時間が短い要因として、ブロックタイムが短いこと、跳び出し水平速度が大きいことおよびスタート姿勢の身体重心位置が前方向にあることが要因として考えられる。

さらに一流選手が大学生選手と比較して大きい跳び出し速度を得ている要因を検討するために、ブロック期(スタート合図から足離れ)の身体重心水平加速度の変位に着目した(Fig 3)。ブロック期の水身体重心平加速度を比較すると一流選手は大学生選手に比べ大きな床反力を得ていることが明らかとなった。また身体重心水平加速度変移において、一流選手は二峰性の加速度変移を示しているのに対して大学生選手は一峰性の加速度変位を示している。この二峰性の加速度変移は前脚、後脚それぞれの加速期に分かれていることによって生じていると考えられる。これは一流選手が、スタートシグナル直後、バックプレートに置いた後脚を伸展する際に大学生選手と比較して動作開始時に大きな身体重心水平速度を獲得していることに加え、前脚のみで姿勢を維持する最終局面において大学生選手に比べて身体重心水平速度を獲得していることが要因であると考えられる。



(3) 競泳における種目に応じたスタート動作の特徴

15m 通過時間においてクロール泳が有意に短かった。また、平泳ぎの選手は自由形の選手と比較して入水時の姿勢を示す入水角が小さい傾向が認められた (Fr: 37.5 ± 1.8 deg, Br: 35.2 ± 3.5 deg)。しかしながら最も 15m 通過時間が短かった選手の入水角 (39.3 deg) はほぼクロール泳の選手と差はなかった。

本研究では被験者数が少なく、個人の特徴による影響を除くことができなかった。今後は被験者数を増やすなどして詳細に検討することが必要であろう。また、平泳ぎ選手において入水後に行う「ひとかきひとけり」開始前後の身体重心速度が 15m 通過時間に影響を与えることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kazumasa Ozeki, Hiroshi Suito, Shinji Sakurai
2. 発表標題 Kinematic characteristics of kick start for elite competitive Japanese male sprint swimmer
3. 学会等名 36th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazumasa Ozeki, Hiroshi Suito, Shinji Sakurai
2. 発表標題 Relationship between the take-off velocity and the kinematic and kinetic variables during swimming kick start
3. 学会等名 XIII th INTERNATIONAL SYMPOSIUM on BIOMECHANICS and MEDICINE in SWIMMING (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾関一将
2. 発表標題 ウォータースポーツのバイオメカニクス
3. 学会等名 九州体育・スポーツ学会 第67回大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ozeki, K., Suito, H., Sakurai, S., Urata, T.
2. 発表標題 ROLES OF THE EXTREMITIES DURING KICK START IN COMPETITIVE SWIMMING
3. 学会等名 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	水藤 弘史 (Suito Hiroshi) (10513145)	愛知学院大学・心身科学部・准教授 (33902)	
研究 分担者	桜井 伸二 (Sakurai Shinji) (20144173)	中京大学・スポーツ科学部・教授 (33908)	