

令和 5 年 5 月 23 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11505

研究課題名（和文）競泳キックスタートにおける利き脚の前後配置の提案，効果検証

研究課題名（英文）Effect of the leg combinations for kick start

研究代表者

水藤 弘史（SUITO, Hiroshi）

三重大学・教育学部・准教授

研究者番号：10513145

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では競泳キックスタート姿勢について，脚の筋力，あるいはパワーが大きい脚を前後どちらに配置することが望ましいか，運動学的観点からスタートパフォーマンスに及ぼす影響を検討することを目的とした．運動学的特徴として，時間情報，跳び出し速度および角度を分析した．その結果，脚筋力が大きい脚を前方に配置した場合に高い跳び出し速度が獲得された．一方，脚のパワーが大きい脚を前方に配置した場合，跳び出し速度に有意な差はみられなかったものの，15m通過時間が有意に短かった．したがって，脚筋力，あるいはパワーが大きい脚を前方に配置することが高いスタートパフォーマンスを発揮するために望ましい可能性が示唆された．

研究成果の学術的意義や社会的意義

競泳のキックスタートでは脚を前後に開いた状態でスタート姿勢を構えるものの，前後へ開く左右の脚配置について多くの選手が特に根拠なく決めている状況にある．本研究では左右脚の筋力，あるいはパワーを比較し，大きな筋力，あるいはパワーを持つ脚を前後に配置すべきか検討し，脚筋力，あるいはパワーが大きい脚を前方に配置することが望ましいことを示唆した．この研究成果は，競泳のキックスタートを指導する上での基礎的資料となるとともに，これまで不明確であった脚配置を決定するための有益な知見になるといえる．

研究成果の概要（英文）：In the kick-start, swimmers put their right or left foot on the front edge of the starting block and the other foot on the back plate. This study investigated the effect of the position of the leg with greater muscle strength or muscle power on the kick-start performance of competitive swimmers. The start parameters (reaction and 15 m times and take-off velocity, take-off angle and flight-distance) were analyzed. For results, the take-off velocity and horizontal take-off velocity with the greater muscle strength leg position on front edge significantly higher than the those with the reversal of leg position. On the other hand, the resultant and horizontal take-off velocities did not differ significantly between the foot combinations, while 15 m time significantly faster, with the leg with greater muscle power on the front edge. Therefore, it can be suggested that arranging the leg with greater muscle strength or power in the front improves the kick-start performance.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：競泳 スタート姿勢 足の組み合わせ 動作分析 筋力 パワー トレーニング

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究の目的は、競泳のスタート姿勢を構える際の利き脚の置き場所について検討し、競技力向上を目指したスタート姿勢を提案することである。競泳短距離種目では競技記録に対してスタートの影響が大きく、スタートの改善が競技記録向上に必須である。現在、競泳スタートではバックプレート付きのスタート台が採用されており、これを用いたスタートをキックスタートと呼ぶ。キックスタートでは脚を前後に開いた状態でスタート姿勢を構えるものの、前後へ開く左右の脚配置について多くの選手が特に根拠なく決めていた状況にある。ヒトには利き脚があり、役割も異なる。本研究では、選手の利き脚を前後に配置した際のスタート動作や力発揮の様子を定量的に示すとともに、利き脚配置の効果について検証する。本研究ではスタート姿勢時の不明確な利き脚の配置を明らかにし、キックスタートを指導する際の基礎的資料となるとともに、新しい知見を得る。

### 2. 研究の目的

本研究では、脚筋力および脚のパワーが大きい脚を前後どちらに配置した場合のキックスタート動作の運動学的特徴を比較・検討し、これまで不明確であったキックスタート姿勢時の脚の配置について明確化することを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 脚筋力を考慮した競泳キックスタート姿勢における脚の前後配置がスタートパフォーマンスに及ぼす即時的な影響

本研究ではキックスタートにおける脚の前後配置について、脚の筋力特性を考慮した前後配置の即時的な影響を跳び出し速度から検討することを目的とした。

対象は、男女大学競泳選手 16 名 (男子: 12 名, 女子: 4 名) であり、対象者の平均 SWIMMING POINTS (旧: FINA ポイント) は  $662 \pm 56$  ポイントであった。SWIMMING POINTS とは各距離・種目・性別のそれぞれの世界記録を 1000 ポイントとし、各自の記録に応じてポイントが定められており、世界記録を各自の泳いだタイムで割り、その値を 3 乗し、かつ 1000 倍することで算出することができ、種目や性別の影響を受けることなく泳者のレベルを比較できるものである (World Aquatics, 2023b)。

全ての対象者に、通常の前配置でのキックスタートと通常とは逆の前配置でのキックスタートを交互に入れ替え、合計 4 本、実施させた。入水後は、水中でストリームライン姿勢のみを保持するよう指示した。バックプレート位置については普段対象者が使用している位置とし、通常と逆配置においても同様とした。対象者には、実験開始前に十分なウォーミングアップを行わせ、身体各部分点にマーカーを貼付し、試技を実施した。なお、通常と逆の前配置でのキックスタートについては、試技前に 60 分程度の練習時間を設け、本人が十分な跳び出し動作ができると感じるまで練習を行わせた。

スタート動作は、対象者の左側方より、1 台のハイスピードカメラ (TS3 Model 100-L Fastec imaging 社製) を用いてスタートシグナルから手部が入水するまでを撮影した。撮影速度は 120fps (シャッター速度 1000Hz) とした。対象者の進行方向を X 軸、垂直方向を Y 軸とする静止座標系を設定し、プール壁の水面位置を原点とした。対象者の身体各部 15 点 (頭頂, 耳珠点, 左肩峰, 左上腕骨端, 左尺骨端, 左第三中手骨, 左大転子, 左大腿骨端, 左外顆, 左踵骨端, 左第一中足骨, 右大腿骨端, 右内顆, 右踵骨端, 右第五中足骨) にビニールテープと半球体の発泡スチロールマーカーを貼付した。

脚の筋力を評価するため、本研究では膝関節伸展方向の等尺性最大筋力を計測し、左右脚の最大筋力が大きい脚を判定した。

(2) 競泳キックスタートにおける脚のパワーを考慮した脚配置がスタートパフォーマンスに及ぼす影響

本研究では通常の前配置でのスタート姿勢を構える際、脚のパワーが大きい脚を前方に配置している競泳選手に対して、通常と異なる脚配置でのキックスタートを定期的に練習させ、脚のパワーが大きい脚を前方、あるいは後方に配置した際のキックスタートにおける運動学的特徴を比較・検討することを目的とした。

対象者は、予備調査を行い、通常の前配置でのスタート姿勢で脚のパワーが大きい脚を前方に配置していた男子大学競泳選手 12 名とした。全ての対象者の平均 SWIMMING POINTS は  $719 \pm 49$  ポイントであった。

本研究では先行研究のスタート練習期間 (武田ほか, 2006) を参考に、全ての対象者に、10 日間以上 (1 回の練習で 10 分, 6 本程度のスタート練習)、通常とは逆の前脚配置のキックスタートの練習を実施させた。その後、左右脚の前後配置をランダムに入れ替えさせたキックスタートによる 15 m の全力クロール泳を合計 4 本、実施させた。なお、本研究で用いたスタート台は主要競技大会で用いられるスタート台に準拠した規格のスタート台 (傾斜角度 10 度) を用い

た。また、バックプレートの位置については普段から対象者が使用している位置とし、どちらの脚配置の試技も同様とした。対象者には実験開始前に十分なウォーミングアップを行わせ、試技を実施した。なお、実験開始前には30分程度のウォーミングアップ時間を設けて各自で練習を行わせた。

スタートパフォーマンス測定後、1週間以内の別日に脚のパワー計測を実施し、左右差がみられない対象者がいた場合は対象者から除外するようにした。なお、脚のパワー計測には片脚での垂直跳びを採用し、左右脚で3回ずつ実施させた。なお、最大値が同じであった場合、あるいは3回の平均値を比較した際に脚のパワーが大きい脚の判定が最大値の判定と異なった対象者4名は本研究の対象者から除外することとし、本研究の対象者は12名から8名とした。

スタート動作分析については、上記のと同様とした。さらに、本研究では15m通過時間を計測したため、15m付近に1台のビデオカメラを設置して、スタートシグナルから頭部が15m地点を通過するまでを撮影し、コマ数から通過時間を算出した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 脚筋力が大きい脚を前後に配置した場合のスタートパフォーマンスへの影響

脚筋力が大きい脚を前方配置(STL-F条件)が後方配置(STL-R条件)よりも有意に高い跳び出し水平速度と合成速度を示していた(表1)。脚筋力の大きい脚を前方に配置したスタート姿勢について、本研究の対象者16名中3名のみ通常と逆の脚配置であり、3名の内、2名は通常と逆配置であったにもかかわらず、跳び出し水平速度および跳び出し合成速度が通常脚配置よりも高い値を示していた。キックスタートパフォーマンスに対しは、跳び出し水平速度が主要因の一つとして挙げられている(Tor et al., 2015)ことから、脚筋力の大きい脚を前方に配置することは、キックスタートのパフォーマンス向上に有効である可能性があることが示唆された。

表1 脚筋力が大きい脚を前方(STL-F条件)あるいは後方配置(STL-R条件)にした際の跳び出し水平、垂直、合成速度および跳び出し角度の比較

	STL-F	STL-R	$p$	$d$
Horizontal velocity at take-off (m/s)	4.43 ± 0.41	4.25 ± 0.36	0.002	0.48
Vertical velocity at take-off (m/s)	-0.53 ± 0.57	-0.74 ± 0.58	0.290	0.37
Resultant velocity at take-off (m/s)	4.50 ± 0.39	4.35 ± 0.29	0.040	0.42
Angle at take-off (°)	-8.37 ± 5.74	-10.17 ± 8.12	0.249	0.26

STL-F: Strength leg in front - non-strength leg in rear

STL-R: Non-strength leg in front - strength leg in rear

##### (2) 脚のパワーが大きい脚を前後に配置した場合のスタートパフォーマンスへの影響

本研究では通常から脚のパワーが大きい脚を前方に配置している者を対象に、脚のパワーが大きい脚を前後どちらに配置することが望ましいか比較した。その結果、リアクションタイム(スタートシグナルからスタート台上を離れるまでの時間)については有意な差が認められなかったものの、15m通過時間では脚のパワーが大きい脚を前方に配置した方が有意に短い時間を示していた(前方条件6.40±0.31秒 vs 後方条件6.49 ± 0.23秒,  $p = 0.040$ ,  $d = -0.89$ )。ただし、跳び出し水平、垂直、合成速度に有意な差は認められなかった。したがって、普段から脚のパワーが大きい脚を前方に配置してキックスタートを行っていた本研究の対象者では脚のパワーが大きい脚を後方に配置してもスタートパフォーマンスの向上がみられないことが示唆された。

今回の対象者は全て通常のスタート姿勢において脚のパワーが大きい脚を前方に配置していたものの、本研究の介入によって3名の対象者は、通常と逆の脚配置である脚のパワーを後方に配置したスタート姿勢の方が大きな跳び出し速度を獲得していた。統計的には有意でなく、かつ少数の事例ではあるものの、これまで選手が行ってきた通常のスタート姿勢が必ずしも最適であるとは限らないことを示唆していると考えられる。ただし、15m通過時間をみると、その3名の内、2名のみが短い時間であったため、スタートパフォーマンス全体を考えた場合、スタート姿勢の修正については慎重に検討する必要がある。

本研究では脚筋力が大きい脚を前方に配置することが望ましいことが示唆されたものの、脚のパワーについては前後どちらに配置すべきか明確に示すことができなかった。また、当初はスタート台型フォースプレートをを用いて力学的に検討する予定であったものの、機器の故障により運動学的特徴からのみの検討になった。今後、力学的な特徴も踏まえて左右脚の特性を考慮したキックスタートの姿勢について検討したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 水藤弘史, 尾関一将	4. 巻 13
2. 論文標題 脚筋力を考慮した競泳キックスタート姿勢における脚の前後配置がスタートパフォーマンスに及ぼす即時的な影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 516-526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 水藤 弘史, 生田 泰志, 尾関 一将, 池上 康男	4. 巻 33 (1)
2. 論文標題 競泳100m種目におけるスタート局面の世代別比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 41-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 佐藤大典, 水上拓也, 水藤弘史, 白木孝尚, 草薙健太, 高橋繁浩	4. 巻 13
2. 論文標題 競泳競技のリレー種目における引き継ぎスタート方法に関する研究: オーバーステップスタートの台上動作に着目して	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究	6. 最初と最後の頁 30-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松波勝, 水藤弘史, 府内勇希, 田井村明博
2. 発表標題 女子自由形短距離種目の呼吸回数とレースパフォーマンスの関係
3. 学会等名 日本コーチング学会 第31回学会大会兼第13回日本体育学会体育方法専門領域研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水藤弘史
2. 発表標題 3m飛板飛込におけるローラー位置と踏切動作および飛込高の関係
3. 学会等名 2020年日本水泳・水中運動学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾関一将, 水藤弘史
2. 発表標題 跳躍高を考慮した競泳キックスタート姿勢における脚の前後配置がスタートパフォーマンスに及ぼす即時的な影響
3. 学会等名 2022年度日本水泳・水中運動学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水藤弘史, 尾関一将
2. 発表標題 競泳キックスタート姿勢における脚筋パワーを考慮した脚配置がスタートパフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 東海体育学会第69回大会
4. 発表年 2022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	尾関 一将  (OZEKI Kazumasa)  (90535113)	大阪体育大学・体育学部・准教授   (34411)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------