

競泳キックスタートにおけるバックプレート位置の違いが 5m/10m通過時間に与える影響

Effect of the back plate positioning for start time performances for 5m and 10m distances in swimming kick start

梅本雅之*, 藤戸靖則**, 古田なつみ**
兵頭洋樹***, 和田匡史***, 船渡和男**

Masayuki UMEMOTO*, Yasunori FUJITO**, Natsumi FURUTA**
Hiroki HYODO***, Tadashi WADA*** and Kazuo FUNATO**

ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the effects in the lower hip angle in different back plate positions has on the times of the 5 m and 10 m of a swim start. Seven male Japanese swimmers including national level athletes were selected as subjects. Each swimmer participated in three back plate positions ; each dive using a different back plate position and recordings of time from the start to 15m were made. 10 motion captured systems were used to capture kinematics data, and two video cameras measured the time at each passing point. The results of this study showed that the 10m time was significantly shorter in the order of Front, Prefer, and Back. There was no difference in the take-off horizontal velocity, but the 10m time resulted to be shorter when the take-off angle was higher. The farther the distance between the back plate, the larger rear foot hip angle at the kick start stance of the start, and the earlier the start of extension of each joint angle. It is considered that this makes it easier to raise the upper body, which enables horizontal movement and increases the speed of the 10m time.

Key words; Kick start, Back plate, Horizontal speed, Take-off angle

I. 緒 言

競泳は短水路または長水路を用いてレースが行われ、4泳法と個人メドレーなど、各種目スター

トシグナルからゴールまで、1/100秒単位で争われる競技である。若吉¹⁾によると、競泳競技はスタート、ストローク、ターン、フィニッシュ局面の4つで構成されている。スタート局面でついた

* 国士館大学体育研究所 (The Institute of Physical Education, Kokushikan University)

** 国士館大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

*** 国士館大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Kokushikan University)

タイム差は最終的なタイム差より大きいことが報告されており²⁾、スタート局面のパフォーマンスが低ければレースで勝利することが困難であることが知られている。

スタート局面における台上での動作は、脚離れ時の速度、脚離れ時の跳び出し角度、手先が入水するときの速度および角度に影響を与え、先行研究から7.5m、10m、15mなどの通過タイムと負の相関関係が認められており、重要な要素とされている^{3) 4)}。

近年におけるキックスタートの研究では、バックプレート位置の違いや、上肢と下肢の役割について調べられている。Hondaら⁵⁾は、普段使用しているプレート位置を基準に、前後に1段ずつ変化させたときの跳び出し時の速度と5mおよび7.5m通過時間を比較した。その結果、普段よりも1段後ろの位置に設置した時、高い跳び出し時の水平速度を示したが、各通過時間に差はみられなかった。酒井ら⁶⁾は、フォースプレートを使用し、上肢と下肢の役割について明らかにした。その結果、跳び出し水平速度への貢献度は後ろ足が6割を超え、残りの4割が腕や前足から計測されたことから、主に後ろ足で水平速度を獲得し、前足は体が沈み込まないよう支えていることが見受けられた。

以上のことから、バックプレート位置の違いと跳び出し時の水平速度やその後の通過時間との関係性について検討した研究はいくつか報告されているが、台上動作について詳細に報告した研究はないため、現場指導において最適なバックプレート位置を示す指標が定まっていない。

そこで本研究は、バックプレートの位置の違いによる、スタートから脚離れ時までの下肢各関節角度変化が、5m、10m通過タイムに与える影響を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 方 法

本実験の対象者は、日本代表経験者を含む社会

人および大学水泳部に所属し、キックスタートを習熟している男子競泳選手7名とした。本研究は日本水泳連盟公認である、屋内多目的プールにて公認スタート台を用いて実験を行った。試技は、モーションキャプチャーシステム(PrimeX13 OptiTrack, Acuity Inc.社, Japan)を10台用いて、スタート合図から入水までの運動学データを取得した。データは180Hzでサンプリングし、対象者のマーカーから3次元座標データを取得した。ブロックタイムや5m、10mタイムについては、陸上の0-5mと10m地点にデジタルビデオカメラ(GC-P100-B, JVC KENWOOD社製)を撮影速度100fpsで1台ずつ用い、泳者の右側から撮影を行った。

実験に先立ち、対象者は30分以上のウォーミングアップを行った。対象者には解剖学的計測点に基づき、肋骨下端、大転子、大腿骨外側上顆、外果、第五中足骨頭、踵骨を含む合計25点の反射マーカーを両面テープで貼付した。試技は15mまでとし、バックプレート位置をスタート台の先端から最も近い位置である1番前のFront、スタート台の先端から最も遠い位置である5番のBack、普段練習や試合で使用している位置のPreferの3段階に変化させ、合計3試技を行った。

スタート動作はモーションキャプチャーシステムにて撮影し、映像から画像解析ソフト(VENUS 3D株式会社ノビテック製)を用いて位置座標データを取得した。本研究で測定した項目や算出方法は以下に示す。

脚離れ時の跳び出し速度および入水時の速度は、映像から得た片方の大転子位置座標データを時間微分し、水平、鉛直、合成速度を算出した。足離れ時間(ブロックタイム)および各通過タイムは、ビデオカメラ映像から計測し、5mと10mタイムについては、頭通過のタイムとした。跳び出し角度は映像から得たマーカーの片方の大転子を用い、脚離れ時の水平速度と鉛直速度から \arctangent の式によって角度を算出し、その値と水平線とがなす角度とし、反時計回りをプラスと

した。入水角度は映像から得たマーカーの片方の大転子を用い、手の入水時の水平速度と鉛直速度から arctangent の式によって角度を算出し、その値と水平線とがなす角度とした。正負については水平線を0度し、時計回りをプラスとした。各関節角度はスタートシグナル時における左右関節角度とし、足関節角度は踵骨から第五中足骨までの線分と踵骨から大腿骨外側上顆までの3点のなす角度、膝関節角度は大腿骨外側上顆から外果までの線分と大腿骨外側上顆から大転子までの3点のなす角度、股関節角度は大転子から大腿骨外側上顆までの線分と大転子から肋骨下端までの3点のなす角度とした。

脚離れ時の跳び出し速度、入水時の速度、各通過タイム、跳び出し角度および入水角度を変数とし、バックプレート位置の違いによる試技間の有意差を求めた。正規分布の検定には、Shapiro-Wilk の正規性検定を行った。各試技における測定項目の比較は、ノンパラメトリック検定のフリードマン検定を行い、有意差がみられた場合

Bonferroni法によって多重比較検定を行った。統計処理は、統計処理ソフト (SPSS Statistics Version27, IBM社製) を用いて行い、有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

本研究に参加した対象者のバックプレート位置の違いによる時空間変数および大転子角度の比較を表1に示す。

本研究の結果から、10mの通過タイムはBack (4.29±0.23sec) が最も速く、Front (4.48±0.29sec) およびPrefer (4.39±0.22sec) とそれぞれ有意に小さい値を示した (p<0.05)。

跳び出し時の水平速度は、バックプレート位置を変化させても有意な差はなかった。跳び出し角度はFront (-4.47±5.80deg)、Prefer (-4.03±5.71deg)、Back (-2.05±5.76deg) となり、Front およびBack, Prefer およびBackで有意に小さい値が認められた (p<0.05)。

表1 バックプレート位置の違いによる時空間変数および大転子角度の比較

Variables (n=7)	unit	Front	Prefer	Back
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
Block Time	sec	0.71 ± 0.04	0.71 ± 0.03	0.70 ± 0.06
Entry Time	sec	1.08 ± 0.07	1.11 ± 0.05	1.13 ± 0.06
5m Time	sec	1.51 ± 0.10 [§]	1.47 ± 0.07 [§]	1.49 ± 0.09
10m Time	sec	4.48 ± 0.29 [†]	4.39 ± 0.22 [*]	4.29 ± 0.23 ^{†*}
Horizontal take-off Velocity	m/s	4.24 ± 0.29	4.24 ± 0.31	4.25 ± 0.33
Vertical take-off Velocity	m/s	-0.33 ± 0.43	-0.32 ± 0.41	-0.17 ± 0.43
Resultant take-off Velocity	m/s	4.27 ± 0.30	4.27 ± 0.31	4.27 ± 0.32
Horizontal entry Velocity	m/s	5.06 ± 0.47	4.97 ± 0.40	5.03 ± 0.41
Vertical entry Velocity	m/s	-3.47 ± 0.72	-3.62 ± 0.41	-3.94 ± 0.41
Resultant take-off Velocity	m/s	6.15 ± 0.72	6.15 ± 0.55	6.40 ± 0.64
Take-off angle	degree	-4.5 ± 5.8 [†]	-4.0 ± 5.7 [*]	-2.1 ± 5.8 ^{†*}
Entry angle	degree	34.2 ± 4.7	36.1 ± 1.7	37.9 ± 3.3

Front vs. Perffer : p<0.05[§], Front vs. Back : p<0.05[†], Perffer vs. Back : p<0.05^{*}

下肢各関節角度の時系列変化では、スタート合図から脚離れまでを示した。本研究では、下肢各関節角度の時系列変化におけるグラフの特徴として、変化があった対象者および変化がなかった対象者の2つに分かれた。図1はその代表的な対象者2名における下肢各関節角度の時系列変化を示した。

図1より、バックプレート位置の違いによる前足の各関節角度に変化は、どちらも試技間における変化がなかったことが示された。後ろ足については、各関節角度がFront、Prefer、Backの順に伸展の開始するタイミングが早い傾向があった。また股関節角度については、スタート構え時 (0sec)

の角度に違いがあり、Backが最も大きい角度を示した。

IV. 考 察

バックプレート位置の違いにより、5m通過タイムはFrontと比較してPreferが有意に小さい値を示し、10m通過タイムはBackと比較してFrontおよびPreferが有意に小さい値を示した。跳び出し時の速度は先行研究³⁾から非常に重要な要素とされ、跳び出し時の水平速度とその後の通過時間に負の相関があることを報告している。またバックプレート位置の違いによるスタートパフォー

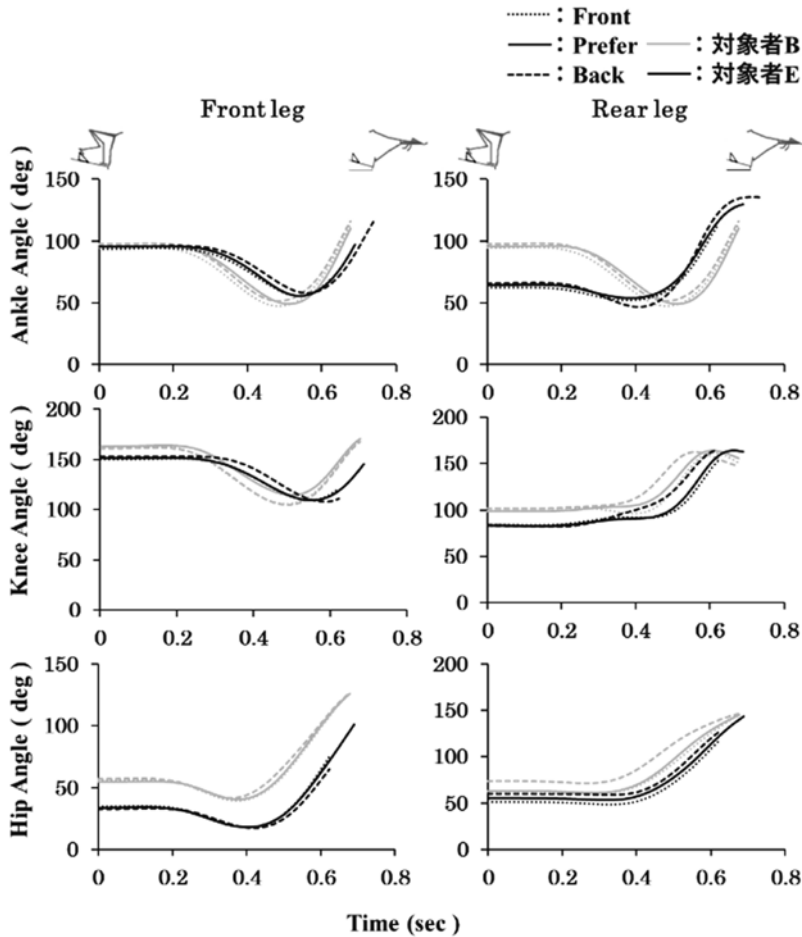


図1 スタートから脚離れ時までの各関節角度の時系列変化 (n=2)

マンズの比較を行った先行研究では、跳び出し速度に有意差があったことを報告しているが、本研究の跳び出し時の水平速度は変わらず、先行研究とは異なる結果となった^{7) 8)}。跳び出し時の鉛直速度はいずれも有意差は示さなかったが、Front ($-0.33 \pm 0.43\text{m/s}$)、Prefer ($-0.32 \pm 0.41\text{m/s}$)、Back ($-0.17 \pm 0.43\text{m/s}$) とすべてにおいてマイナス値を記録し、先行研究と同様の結果が得られた。跳び出し時の水平速度から、水平成分の力積による違いは見られないことが考えられるため、跳び出し速度とは別の要因により、10m通過タイムが速くなったと推察された。鉛直成分については、Back時の鉛直速度が最も遅い速度であったことから、重心高の高さを維持して跳び出すことができ、跳び出し角度やフライト距離の増加に影響を与えたのではないかと推測された。

本研究における跳び出し角度の平均はFront ($-4.47 \pm 5.80\text{deg}$)、Prefer ($-4.03 \pm 5.71\text{deg}$)、Back ($-2.05 \pm 5.76\text{deg}$) であり先行研究と同様の結果が得られた⁴⁾。またBack時の角度がFrontおよびPreferと比較して、有意に小さい値が認められ、より水平に跳び出していることがわかった。武田ら⁴⁾は、跳び出し角度とフライト距離間に正の相関関係が認められ、跳び出し角度が0degに近いほどフライト距離が長くなることから、跳び出し角度は0degに近いほど望ましいと報告している。本研究では、跳び出し角度と10m通過タイムとの関係性がみられ、水平に近い角度もしくは角度が大きくなるにつれ、10mタイムが速くなった。また跳び出し時の速度が変わらず、入水時間はFront、Prefer、Backの順に遅いことから、飛距離が伸びたと推測される。以上のことから、泳者は跳び出し角度を水平もしくは大きくすることで、飛距離が伸び、10m通過タイムの短縮につながるのではないかと考えられた。

下肢各関節角度の時系列変化より、前足における各関節角度がほとんど変化していないことがわかった。これにより、前足はバックプレート位置の違いによる影響を受けないことが明らかとなっ

た。後ろ足については多くの対象者が足関節、膝関節、股関節角度の時系列変化において、Front、Prefer、Backの順に伸展の開始するタイミングが早い傾向があった。また股関節角度については、スタート構え時(0sec)の角度に違いがあり、Backが最も大きい角度を示した。競泳のスタートでは、スタート合図に反応し、スタート台を蹴り、同時に上体を起こしながら跳び出していく。Back時では、後ろ足の各関節角度の伸展開始するタイミングが早く、スタート構え時の股関節角度が大きくなったことから、バックプレートをスムーズに蹴り出すことができ、上体を起こすのに十分な時間が生まれたのではないかと推察される。その結果、跳び出し角度が水平に近い値となったのではないかと考えられた。酒井ら⁶⁾は、キックスタートにおける下肢の役割として、後ろ足は水平速度に大きく貢献し、前足は体を支える役割をしていることを明らかにし、バックプレート位置を前後に変化させても、下肢の役割は変わらないことを報告した。本実験では、試技間における脚離れ時間の差がなかったことから、前足で体を支える時間が長くなったことで、重心高が高い位置を維持することができ、より高い位置からの離台が可能になったと考えられる。

各関節角速度については、伸展開始のタイミングが遅いFrontにおいてピーク値が高い傾向であった。しかし、ピーク値が高いことで、上体を起こしきる前に跳び出していく恐れがあることから、角速度の大きさがパフォーマンスに良い影響を与えるわけではないことが考えられた。

キックスタートにおける研究として、スタート構え時の最適な関節角度に関する先行研究は存在しないが、本研究の結果から、スタート構え時における後ろ足各関節角度に注目することが必要であると考えられる。また現場指導の指標としても、選手の感覚や、各地点の通過タイムだけで決めるのではなく、関節角度にも着目していくことで競技力の向上に繋がるのではないかと考えられた。

V. ま と め

本研究は、バックプレートの位置の違いによる、スタートから脚離れ時までの下肢各関節角度変化が、5m、10m通過タイムに与える影響を明らかにすることを目的とした。今回の結果では、バックプレート位置を後方に設置するにつれ、飛び出し角度が有意に小さい値を示し、10mタイムが速くなることを示した。その要因として、スタート構え時の股関節角度が大きい値を示し、後ろ足の各関節角度伸展開始のタイミングが早くなったことで、泳者は上体を起こすのに十分な時間が生まれ、飛び出し角度が水平に近い値となったのではないかと推察された。

参考文献

- 1) 若吉浩二：競泳のレース分析 ～レース分析とその現場への応用～, バイオメカニズム学会誌, 16 : 93-100, 1992.
- 2) De la Fuente B. and Arellano, R. : Effect of Start Time Feedback on Swimming Starts Performance, XI International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings, 11 : 249-251, 2010.
- 3) 本間正信, 生田泰志, 宮地力：競泳スタートの水中動作の分析, 身体運動のバイオメカニクス, 第13回バイオメカニクス学会大会編集委員会, 8 : 379-384, 1997.
- 4) 武田剛, 市川浩, 杉本誠二, 野村武男：競泳スタートにおける飛び出し角度の変化が飛び出し速度, 飛距離とブロックタイムに与える影響, 体育学研究, 51 : 515-524, 2006.
- 5) Honda Koji, Sinclair Peter, Mason Bruce and Pease David : The effect of starting position on elite swim start performance using an angled kick plate, 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports : 72-75, 2012.
- 6) 酒井紳, 武田剛, 佐藤智俊, 椿本昇三, 高木英樹：競泳キックスタートにおけるバックプレート位置がスタート・パフォーマンスに与える影響, 体育学研究62, 133-144, 2017.
- 7) Teruo Nomura, Tsuyoshi Takeda, Hideki Takagi : Influences of the back plate on competitive swimming starting motion in particular projection skill, Biomechanics and Medicine in Swimming, 11 : 135-137, 2010.
- 8) Takeda Tsuyoshi, Sakai Shin, Takagi Hideki, Okuno Keisuke, Tsubakimoto Shozo : Contribution of hand and foot force to take-off velocity for the kick-start in competitive swimming, Journal of Sports Sciences, 35 : 565-571, 2017.