

競泳スタート局面におけるオリンピック選手と大学生選手の動作の違い

鈴木裕貴¹⁾・春日晃章²⁾・小長谷研二³⁾・小椋優作⁴⁾・関谷竜成¹⁾

Difference of Olympic athletes and College athlete in the start phase of swimming.

Yuki SUZUKI¹⁾, Kosho KASUGA²⁾, Kenji KOBASE³⁾, Yusaku OGURA⁴⁾, Ryusei SEKIYA¹⁾

- 1) 岐阜大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, Gifu University
- 2) 岐阜大学教育学部保健体育講座
Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu University
- 3) 株式会社 RPGee
RPGee Limited
- 4) 中部学院大学短期大学部
Chubu Gakuin University of Junior college

キーワード:競泳, スタート局面, 大学生選手, オリンピック選手

Keywords :Swimming, Start phase, College athlete, Olympic athlete

I 諸言

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, フィニッシュ局面に分類されている¹⁾. そのうち, スタート局面はスタートシグナル後から頭頂部が15 m ラインを通過するまでの局面を指し, 当該局面は50 m 種目では約30%, 100 m 種目では約15%の距離を占めるため, 短距離種目になるほどスタート局面の重要性が増すと報告されている²⁾. また, レースではスタート台からの飛び込みスタートが一般的である. スタート台を蹴り出し前方への推進力を得るスタート局面は, レース中に最も高い速度を生み出すことができる局面である. さらに, 短距離種目においてスタート局面の泳タイム差は最終的な競技結果の泳タイム差より大きいことが報告されており³⁾, スタート局面の技能の高低は短距離種目の競技力向上に大きな影響を及ぼしていると考えられる.

さらに, 構えから離台までの局面は, 最も高い速度を生み出すことができるため, 進行方向に対して高い水平速度を獲得することが重要とされている⁴⁾. 先行研究において, 飛び出し水平速度と5 m 通過時間の間に有意な負の相関($r = -0.751$)が認められたことや⁵⁾, 飛び出し水平速度と10 m 通過時間との間に有意な負の相関($r = -0.703$)が認められたことが報告されている⁶⁾. 一方で, スタートシグナル後から離台までの時間(ブロックタイム)の影響は小さいことが報告されており⁷⁾, 他の研究においてもブロックタイムと5 m 通過時間の間に有意な相関が認められなかったことが報告されている⁸⁾. これらのことから, ブロック期からフライト期において, ブロックタイムを短くすることよりも, 高い飛び出し水平速度を獲得することが重要であると考えられる.

尾関ら⁹⁾は入水時角度と15 m 通過タイムの関連を研究し, 入水時角度とグライド局面速度の間に有意な負の相関が認められたことを報告している. また, 堀畑ら¹⁰⁾は, 競技レベルの異なる大学競泳選手を対象とし, 競技レベルの高低によって15 m 通過時間に有意な差が認められ, 競技レベルが高いほどスタート技能が高いことを報告している. そして, 競技レベルの高い群と低い群の間には入水時における速度に有意な差があり, 競技レベルの高い群は入水後も高い速度を維持していたことから, 入水前後の姿勢変化が15 m 通過タイムに影響を及ぼしているとも報告している.

これらのことから、スタート局面は短距離種目を専門とする選手にとって競技レベルを向上させるために重要な技能であると考えられる。全国大会出場経験のある大学生選手がより高い競技レベルに到達するためには、国際大会に出場した選手のような高い競技レベルを有する選手との動作の違いを明らかにすることが必要である。しかし、これまでの研究は、大学生選手のみを対象とした研究や、全国大会出場経験を有する選手と経験がない選手間の比較が多くされているが、全国大会出場よりも高い競技レベルであるオリンピック選手や日本代表選手との比較が行われた研究は少ない。

そこで、本研究は全国大会出場経験を有する大学生選手とオリンピック選手のスタート局面において、ブロック期からフライト期に着目し、動作の違いを明らかにすることを目的とした。

II 研究方法

1) 対象

本研究の対象は、大学生選手 2 名およびオリンピック選手 1 名の合計 3 名とした。対象全員が自由形短距離種目を専門としており、大学生選手は両者とも、個人種目で日本学生選手権に出場するなど、全国大会出場経験を有している。オリンピック選手は 2016 年リオデジャネイロオリンピックに出場した経験を有する。対象の年齢、身長、体重、長水路（50 m プール）における 50 m 自由形および 100 m 自由形のベストタイムを表 1 に示した。対象には事前に実験の趣旨、内容および危険性を説明し、参加の同意を得た。

表 1 対象

	対 象	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	Best Time (sec)	
					50m	100m
A	オリンピック選手	29	180.0	80.0	22.63	48.99
B	大学生	22	173.4	70.2	23.80	53.47
C	大学生	20	172.5	68.2	24.34	53.33

2) 測定方法

実験は、GS 大学屋内プール（25 m×8 レーン、水深 1.4 m）で行い、スタート台は台後方に後足を乗せることができるバックプレートが設置された台を用いた。

撮影には 3 台の CASIOEX-F1 を用いて、ハイスピードモードの毎秒 300 コマ、シャッタースピードを 1/250 秒で撮影した。カメラは進行方向に対し、左側方、右後方、右前方に設置した。撮影範囲は対象のスタートの構えから水中への入水時まで全てを撮影できるように、進行方向に対して左右方向に 1.90 m、進行方向に 5.20 m、鉛直方向に 2.00 m と設定した。動作撮影後、小椋ら¹¹⁾の研究を参考に、0.5 m 間隔でコントロールポイントをつけたキャリブレーションポール（DKH 社製）を撮影範囲の 6 か所に地面及び水面と垂直に立て、キャリブレーションを行った。出発合図はホイッスルで行い、全周囲光呈示器（DKH 社製）を用い、合図とフラッシュが同時になるようにした。合図とカメラの同期は、全周囲光呈示器のスタートフラッシュを撮影することによって行った。対象には十分なウォーミングアップを行わせた後、スタート試技を各々 3 回ずつ行わせた。バックプレート幅は対象が普段使用している幅を使用し、対象自身が「最も上手くいった」と申告した 1 回を分析対象とした。対象の身体計測端点 21 点を身体各部および関節にビニールテープと直径約 2 cm の球体発砲スチロールマーカーを貼付し、マーキングを行った。

3) 分析方法

本研究は先行研究^{2) 12) 13)}を参考に、以下の 9 項目を分析項目に設定した（表 2、図 1、図 2）。

すべての項目を FrameDIAS4（DKH 社製）によってデジタル化し、進行方向を Y 座標、左右方向を X 座標、鉛直方向を Z 座標とした 3 次元座標を DLT 法により算出した。得られた 3 次元座標をもとにスティッ

クピクチャーを作成し、阿江ら¹⁴⁾の身体部分慣性係数を用いて身体重心位置を算出し、分析を行った。

表2 分析項目

項目	単位	説明
①跳び出し角度	deg	離台時における足首-重心を結んだ線分と水平面のなす角とした。
②跳び出し水平速度	m/sec	跳び出し時における重心の水平移動速度とした。
③入水時角度	deg	入水時における右中手骨-重心を結んだ線分と水平面のなす角とした。
④入水時速度	m/sec	入水時における重心合成速度とした。
⑤入水時股関節角度	deg	入水時における右肩-大転子中心および大転子中心-右膝を結んだ線分のなす角とした。
⑥入水時姿勢角度	deg	入水時における右中手骨-大転子中心を結んだ線分と水平面のなす角とした。
⑦重心水平移動距離	m	離台から入水までの重心水平移動距離とした。
⑧重心高差	m	(構え時の重心高) - (離台時の重心高) とした
⑨重心移動軌跡	m	YZ 面における離台から入水までの重心の移動軌跡とした

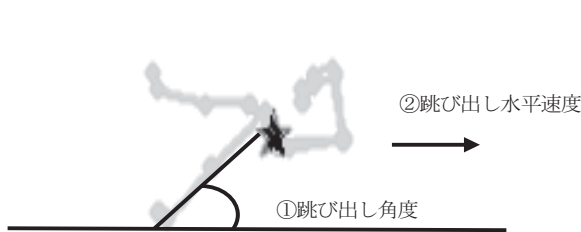


図1 跳び出し時の分析項目

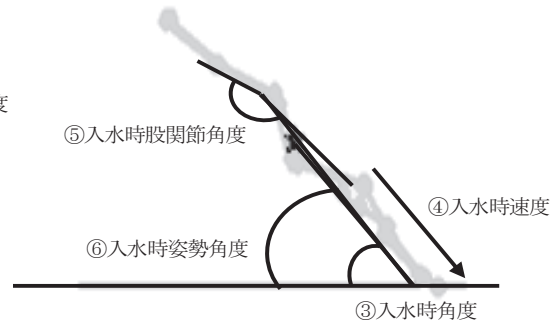


図2 入水時の分析項目

III 結果

図3に構え時から入水までの身体重心移動軌跡を表したグラフを示した。

オリンピックスイマーAは、身体重心を高い位置に保ちながら入水していた。大学生スイマーBの構え時の身体重心はオリンピックスイマーAと比べ大きな差は見られないが、動き出し後に身体重心が低くなっていた。大学生スイマーCは構え時から身体重心が低く、被験者の中で最も低い位置を保ちながら入水していた。

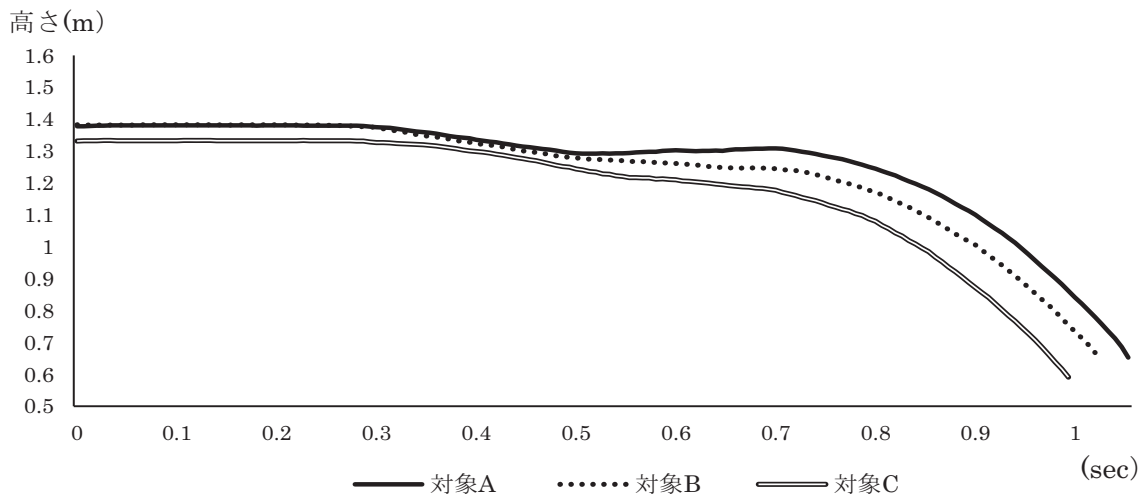


図3 身体重心移動軌跡

表3に重心移動軌跡を除く8項目の結果を示した。

跳び出し角度において、オリンピックスイマーAが最も大きい値(29.84 deg)を示し、大学生スイマーC

が最も小さい値 (21.25 deg) を示した。入水時角度および飛び出し水平速度において、大学生スイマーB が最も大きな値 (39.35 deg, 3.78 m/sec) を示し、大学生スイマーC が最も小さい値 (37.78 deg, 3.47 m/sec) を示した。入水時速度および重心移動距離において、オリンピックスイマーA が最も大きな値 (7.44 m/sec, 2.21 m) を示した。入水時股関節、入水姿勢角度および重心高差において、オリンピックスイマーA が最も差が小さい値 (169.04 deg, 138.31 deg, 0.07 m) を示した。

表3 各分析項目の結果

分析項目	オリンピック	大学生	大学生
	スイマーA	スイマーB	スイマーC
飛び出し角度 (deg)	29.84	24.90	21.25
飛び出し水平速度 (m/sec)	3.76	3.78	3.47
入水時角度 (deg)	38.02	39.35	37.78
入水時速度 (m/sec)	7.44	6.42	4.93
入水時股関節角度 (deg)	169.04	176.62	203.71
入水時姿勢角度 (deg)	138.31	138.65	141.94
重心水平移動距離 (m)	2.21	1.98	1.82
重心高差 (m)	0.07	0.15	0.17

IV 考察

本研究の目的は、全国大会出場経験を有する大学生選手とオリンピック選手のスタート局面における動作の違いを明らかにすることであった。

オリンピックスイマーA は、大学生選手と比べ大きい飛び出し角度で、大きな重心水平移動距離を示した。明石ら¹²⁾ は、飛び出し角度と構え時の重心高の間に有意な正の相関 ($r=0.814$) が認められたと報告している。また、武田ら⁴⁾ は、水中と比べて抵抗の少ないフライト局面において速い速度と長い飛距離を獲得することが重要であると述べている。オリンピックスイマーA の重心高差は 0.07 m と対象の中で最も小さく、構え時と飛び出し時の重心高差がほとんど見られないことから、飛び出し角度が高くなったと考えられる。そして、大きな角度で飛び出した分、重心水平移動距離も長くなったことが推察される。

飛び出し水平速度は、大学生スイマーB が最も速い速度で飛び出していた。先行研究においては、飛び出し水平速度が速いほど、5 m および 10 m の通過タイムが速いことを報告している^{5) 6)}。また、武田ら⁴⁾ は、飛び出し角度の減少に伴い、飛び出し速度の増加が認められたと報告している。本研究において、大学生スイマーB 飛び出し角度は約 25 deg と、オリンピックスイマーA より約 4 deg 低い角度で飛び出していた。また、重心移動軌跡を見ると、大学生スイマーB はスタートシグナル後に重心が沈み込む動作が見られた。跳躍高を研究した様々な研究において、反動を使わないスクワットジャンプ (SJ) よりも反動をつけたカウンタームーブメントジャンプ (CMJ) の跳躍高が高いことが報告されており¹³⁾、コンセントリックな筋収縮のみを利用した跳躍運動よりも、エキセントリックな筋収縮後にコンセントリックな筋収縮が行われる「伸張-短縮サイクル運動」を利用した跳躍運動の方が運動初期から大きな力発揮が可能だとされている^{15) 16)}。また尾関ら¹⁷⁾ は、バックプレートを利用したスタート動作において飛び出し水平速度に影響を及ぼす四肢の力発揮を測定し、後脚の発揮する力が飛び出し水平速度に大きな影響を及ぼすと報告している。これらのことから、大学生スイマーB は一度重心を沈み込む動作を行い、特に後脚の反動を利用して前方に飛び出すことで、飛び出し水平速度を高めていることが推察される。しかし、オリンピックスイマーA の飛び出し角度は対象の中で最も高く、飛び出し時に重心の沈み込み動作があまり見られないにも関わらず、大学生スイマーB との差は約 0.01 m/sec であり、ほとんど差は見られなかった。舩矢ら¹⁸⁾ は飛び出し水平速度と重心移動距離の間に有意な正の相関 ($r=0.943$) を報告している。オリンピックス

イマーAは対象の中で最も重心移動距離が長い(2.21 m)。つまり、オリンピックスイマーAは沈み込み動作による力発揮ではなく、高い重心水平移動距離を獲得することで跳び出し水平速度を高めていることが推察される。一方、大学生スイマーCは構え時から重心が低く、重心水平移動距離も対象の中で最も低い(1.82 m)ため、跳び出し水平速度が最も低い値を示したと考えられる。

入水時速度において、オリンピックスイマーAは7.44 m/secを記録し、最も差が生まれた大学生スイマーCと約2.5 m/secの差があった。オリンピックスイマーAの重心高差は最も小さく、重心移動軌跡(図1)からも重心が高い位置を保ちながら入水していることが考えられる。つまり、重心を高い位置で保つことでフライト局面において大きな位置エネルギーを獲得し、入水時速度を速めることができると考えられる。

入水時姿勢角度において、明石ら¹²⁾は入水時姿勢角度と入水後の速度維持率に有意な負の相関($r = -0.619$)が認められたことを報告している。また、尾関ら⁹⁾の報告においても、入水姿勢角度と15 m通過時間に有意な負の相関が認められたことを報告し、入水時姿勢角度を小さくすることで、入水時の断面積が小さくなり、入水時に受ける抵抗を減らすことができると指摘している。本研究では、オリンピックスイマーA、大学生スイマーB、大学生スイマーCの順に入水時姿勢角度が小さい値を示した。50 mのベストタイムもオリンピックスイマーA、大学生スイマーB、大学生スイマーC順に速い記録を保持しており、入水姿勢角度は50 mの泳タイムに影響を及ぼしていることが示唆された。加えて、入水時股関節角度においては、オリンピックスイマーAが169.04 deg、大学生スイマーBが176.62 degとなり、180 degより小さい値を示したことから、フライト局面において「くの字姿勢」を形成していることが推察された。一方で、大学生スイマーCは203.71 degとなり、股関節が反った状態で入水していることが推察された。入水時股関節角度もオリンピックスイマーA、大学生スイマーB、大学生スイマーCの順に小さく、ベストタイムの速さの順と一致する。つまり、入水時姿勢角度を小さくすることに加え、フライト局面において「くの字姿勢」を形成することで入水時の断面積をより小さくすることができ、抵抗の少ない姿勢で入水でき、その後のレースにも影響すると考えられる。

以上のことから、全国大会出場経験を有する大学生選手とオリンピック選手のスタート技能に違いがあることが推察された。短距離種目においてスタート局面は非常に重要であるため、全国大会出場経験を有する大学生選手が競技レベルをより高くするためには、オリンピック選手の動作を参考に自らの課題を明らかにすることが重要であると考えられる。

今回の研究は離台から入水時までの局面に着目したため、今後は入水後の動作を比較することや、5 m、10 mの通過タイムおよび脚筋力などとの関連を明らかにすることで、よりスタート動作の違いが明らかにできると考えられる。

V 参考文献

- 1) 日本水泳連盟：水泳コーチ教本第二版， 173-176， 2005
- 2) 酒井紳， 武田剛， 佐藤智俊， 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
- 3) De la Fuente, B. and Arellano, R. : Effect of start time feedback on swimming start performance, XI International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings, 11, 249-251, 2010
- 4) 武田剛， 市川浩， 松本誠二， 野村武男：競泳スタートにおける跳び出し角度の変化が跳び出し速度， 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) 吉田章， 斎藤慎一：競泳におけるスタート動作の分析， 筑波大学体育学系紀要 4， 49-54， 1981
- 6) 本間正信， 生田泰志， 宮地力：競泳選手へのバイオメカニクスのサポート活動， バイオメカニクス研究 8， 237-241， 1997
- 7) Tanner, D.A. : Sprint performance times related to block time in Olympic swimmers. , Journal of Swimming

Research, 15, 12-19

- 8) Arellao, R., Pardillo, P., Funete, B.D.L, and Garcia, F. : A system to improve the swimming start technique using force recording, timing and kinematic analyses., XVIII International symposium on biomechanics in sports, 609-613
- 9) 尾関一将, 桜井伸二, 高橋繁浩, 田口正公, 入水方法の違いが競泳スタートのパフォーマンスに与える影響, バイオメカニクス研究, 14 (1), 12-19
- 10) 堀畑裕也, 仁木康浩, 柏木悠, 竹ノ谷文子, 船渡和男: 男子競泳選手におけるスタート局面のタイムに影響を与える要因-エントリー局面からグライド局面に着目して-, 星薬科大学一般教育論集, 32, 45-57, 2014
- 11) 小椋優作, 春日晃章, 小栗和雄, 内藤譲: 競泳キックスタートにおける台上動作と膝関節の等速性伸展・屈曲筋力との関連, スポーツ健康科学研究, 37, 13-20, 2015
- 12) 明石啓太, 黒川隆志, 出口達也, 大塚道太, 西山健太, 森木吾郎: 競泳のキックスタート動作における熟練度による相違, コーチング学研究, 29, 13-21, 2015
- 13) 田内健二, 松原公彦, 高松薫: バリスティックな跳躍運動の遂行能力の発達に関する横断的研究, 日本体育学会大会号, 55, 2004
- 14) 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志: 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定 (一部形態と運動の計測), バイオメカニクス研究 11, 23-33, 1992
- 15) Bosco.C.and Komi , P.V. : Influence of countermovement amplitude in potentiation of muscular performance., Biomechanics VII - A, 129-135, 1981
- 16) 勝田茂, 高松薫, 酒井俊郎, 会田宏, 関子浩二: プライオメトリックトレーニングに関する研究のレビュー, 昭和 62 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 NO.IX.プライオメトリック・リアクティブ筋力に関する研究 - 第 1 報 -. 5-13, 1988
- 17) 尾関一将, 水藤弘吏, 浦田達也, 野村照夫, 桜井伸二: 競泳キックスタートにおける力の測定-手部, 足部分離力量計による測定, 日本体育学会予稿集, 67, 181, 2016
- 18) 舩矢修玲, 田口信教: 競泳のクラウチングスタートにおいて飛び出し速度に影響を与える要因, 日本体育学会大会号, 49, 537, 1998