

競泳スタートにおける構え時の重心位置が スタートパフォーマンスに与える影響

石川 雄一 ・ 山下 哲央
山 神 眞一 ・ 藤 元 恭子

要 旨

本研究の目的は、競泳競技におけるバックプレート付きスタート台を使用したスタート動作の台上での身体重心位置の違いがスタートパフォーマンスにどのような影響を与えるか比較・検証することであった。構え時の姿勢が後傾になるように構え跳び出すBack-plate Start Rear type (BSR) と、前傾になるように構え跳び出すBack-plate Start Forward type (BSF) の2つの試技を行い、以下の結果を得られた。ブロックタイムはBSRよりもBSFの方が有意に短かった。跳び出し時における身体重心水平速度はBSFよりもBSRが有意に速かった。飛距離はBSFよりもBSRが有意に大きかった。これらの結果からBSRとBSFのメリット・デメリットを考察すると、入水後のグライド期におけるテクニックの巧拙によって2種類のスタート動作を使い分ける必要があることが示唆された。

キーワード：クラウチングスタート、バックプレート付きスタート台、重心位置

1. 緒言

近年、競泳のスタートに関して従来のクラブスタートではなく、陸上競技のクラウチングスタートのようなスタートを用いる選手が増加している。2007年からはフライングが即失格となる競技規則に変更されたことも影響していると思われる。Vladimir B.ら(2003)は2000年シドニーオリンピック競泳競技の準決勝・決勝11種目(背泳をのぞく)のスタート方法について、男女約60%がクラブスタート、約40%がクラウチングスタートを採用していると報告している。またクラウチングスタートとクラブスタートでは、スタート後15m地点通過時間には差がないものの、スタート合図からスタート台を離れるまでのリアクションタイムがクラウチングスタートの方が短い傾向にあったと指摘している。窪(2005)は、スタート台上局面における水平方向の重心速度の変化について、スタート台前縁を基準にした重心モデルを伸展要素と回転要素に分け、クラブスタートとクラウチングスタートの長所と短所を提示している。その中でクラウチングスタートは、到達時間は同じでもリアクションタイムが短くなるというVladimir B.ら(2003)の調査研究を裏付けており、スタート動作初期の回転要素による立ち上がり速度の速さを強調できる長所と、後半の脚伸展局面における片脚のみによる動作の短所を示している。

石川雄一・山神眞一・藤元恭子 香川大学教育学部
山下哲央 土庄町立瀨崎小学校

クラウンチングスタートは、その姿勢からトラックスタートとも呼ばれている。陸上競技では、専用のスターティングブロックを使用し、左右の脚を前後に開き、足底をスターティングブロックにかけて構えている。それに対して、競泳競技では傾斜(10%以下)のついた平面状の台上で片足を前縁に、もう片足を後方に引いて構えるものである。オリンピック等の世界レベルの大会では、そのリアクションタイムの速さとフライング反則防止の観点から数多くのトップスイマーが採用してきた。スタート台上が滑りにくい表面加工がしてあるとはいえ、乾燥時に比べ水に濡れることで台上の摩擦係数が5~25%低下し、摩擦力は垂直加重に比例するので、後方に引いた足を平面な台の上で滑らないように水平方向に力強く蹴ることは難しい。そのような状況の中、国際水泳連盟は、2009年から2013年までの競技規則で、以前までのルールには明記されていなかった「スタート台に調節可能なバックプレートを取り付けてもよい」というルールを付け加えた。そして、バックプレート付きスタート台は2008年北京オリンピック後徐々に普及し、競泳ワールドカップ、2011年世界水泳選手権(上海)などの国際大会はもちろん、日本選手権をはじめとする主要国内競技会、そして2012年ロンドンオリンピックにおいても使用されている。

バックプレート付きスタート台におけるスタート動作の研究について、尾関ら(2010)は男子大学競泳選手を被験者にバックプレートを用いたスタートが従来のトラックスタートと比較してブロックタイムが短く、飛び出し水平速度が大きいことを明らかにしている。また、体格的に男子より劣る女子大学選手を被験者に研究を行い、同様の結果が出たことを発表している(2011)。他にも宝来(2011)は、バックプレートを用いた競技大会と使用しなかった競技会における、リアクションタイムとレース分析スタート局面の比較を行い、バックプレート付きスタート台の優位性を明らかにしている。

ところで、バックプレートを用いない従来のトラックスタート研究のなかで、J. Paulo(2000)らはスタート台上での構え時の身体重心の位置を前後に分けたスタート方法を用い動作比較を行っている。この2つの重心位置の違うスタートは実際の競技場面でも行われており、その優劣については明確になっていない。

そこで本研究では、バックプレート付きスタート台を使用したトラックスタート動作の台上動作に着目し、構え時の身体重心を前後に分け、身体重心位置の違いがスタートパフォーマンスにどのような影響を与えるか比較・検証することを目的とした。

2. 研究方法

1) 被験者

被験者は、K大学水泳部に所属している競泳選手男子9名、女子3名とした。被験者の競技レベルは、地方学生選手権出場から日本学生選手権出場レベルであった(表1)。また、実験に先立ち、被験者には今回の実験の趣旨・内容を説明し同意を得て参加してもらった。

2) スタート試技

日本水泳連盟公認の屋外プール(50m×9コース、水深1.8m~2.0m)を使用し、SEIKO社製のスタート台を参考に製作した縦75cm×横50cm×厚さ3.8cm、台座の角度10度、ブロックの角度30度の可動式バックプレート付スタート台(図1)を用いた。被験者は図2のように構え時の姿勢が後傾になるように構え跳び出すBack-plate Start Rear type(以後BSRとする)と前傾になるように構え跳び出すBack-plate Start Forward type(以後BSFとする)の2つの試技を行った。可動式バックプレートの位置は両試技ともスタート台前縁部から64cmに固定した。被験者には十分なウォーミングアップ後、水面より0.7mのスタート台から、ピストルの合図でスタートし、入水後はストリー

表1 被験者の身体的特徴と競技特性

被験者	年齢	身長	体重	専門種目	ベストタイム	
A	19	154.0	48.0	200IM	2:34:04	GS
B	18	165.0	54.6	400Fr	4:16:69	GS
C	19	164.0	57.0	100Fr	1:05:00	GS
D	18	168.7	58.0	200IM	2:24:00	GS
E	19	172.0	58.0	50Fr	27.67	GS
F	21	176.0	62.0	50Fr	28.50	GS
G	19	173.0	68.0	200IM	2:12:30	TS
H	20	168.0	60.0	50Fr	28.10	TS
I	21	169.0	66.0	200Fr	2:05:00	GS
J	21	182.0	75.0	100Br	1:06:61	TS
K	20	171.0	68.0	200Fr	2:00:00	TS
L	22	171.0	63.0	200IM	2:12:50	TS
Mean	19.75	169.48	61.47			
± SD	1.29	6.84	7.18			

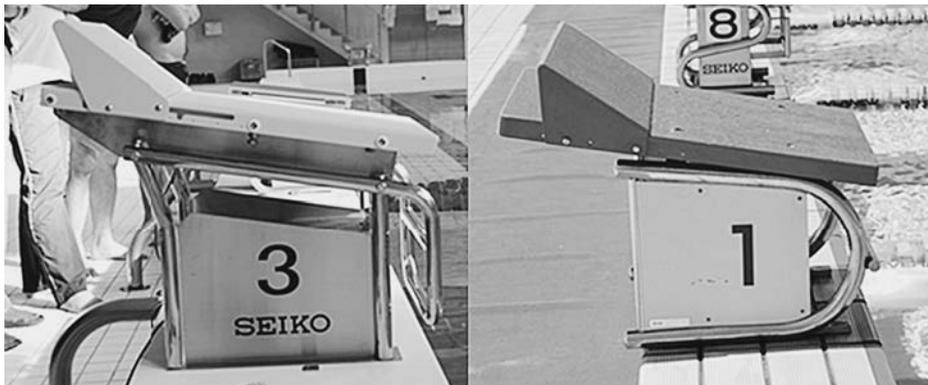


図1 SEIKO社製と本研究で製作したバックプレート付きスタート台

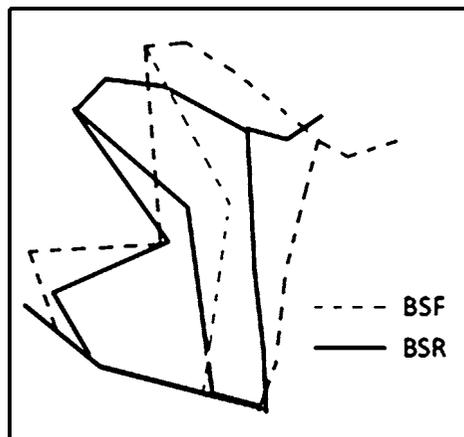


図2 BSRとBSF、構え姿勢の違い

ムラインを取るよう指示した。また、被験者には事前にBSRとBSFのスタート動作について説明を行い十分な練習期間を経て撮影を行った。

スタート試技をSONY社製デジタルビデオカメラ2台で撮影した。1台はスタートシグナルと被験者のスタートの構え姿勢から離台時に身体全体が撮影できるように、もう一台は被験者のスタートの構えの姿勢から水中への入水動作がすべて撮影できるように画角を設定した。スタート台前縁部を原点とし、被験者の進行方向である水平方向をX軸、垂直方向をY軸とした。リファレンスポイントは、阿江ら(2002)を参考に頭頂、耳朱点、胸骨上縁、中手指節関節、手首、肘、肩峰、大転子、右膝、右外果、右踵、右つま先、左膝、左外果、左踵、左つま先の計16点とした。

3) データ処理・分析

本研究での画像分析は、スタートの台上局面およびエントリー局面を対象とした。スタート動作は2次元平面上で行われていると仮定して分析を行った。デジタルビデオカメラで撮影した映像をパーソナルコンピュータに取り込み、Silicon社製Silicon COACH PROを使用し手動デジタイズを行い、被験者のリファレンスポイントの2次元座標値を算出し、実長換算を行った。阿江ら(2002)の身体部分慣性係数を用いて身体重心の座標を算出し、算出した重心データを3点微分公式を用いて微分することでスタート動作中の重心速度を求めた。画像分析により得られた実座標データは5点移動平均法を使用し、データの平滑化を行った。

4) 用語の定義

本研究で算出した変量とその定義は以下に示した。なおその概略図を図3に、飛び出し角度と膝関節角度については図4に示した。

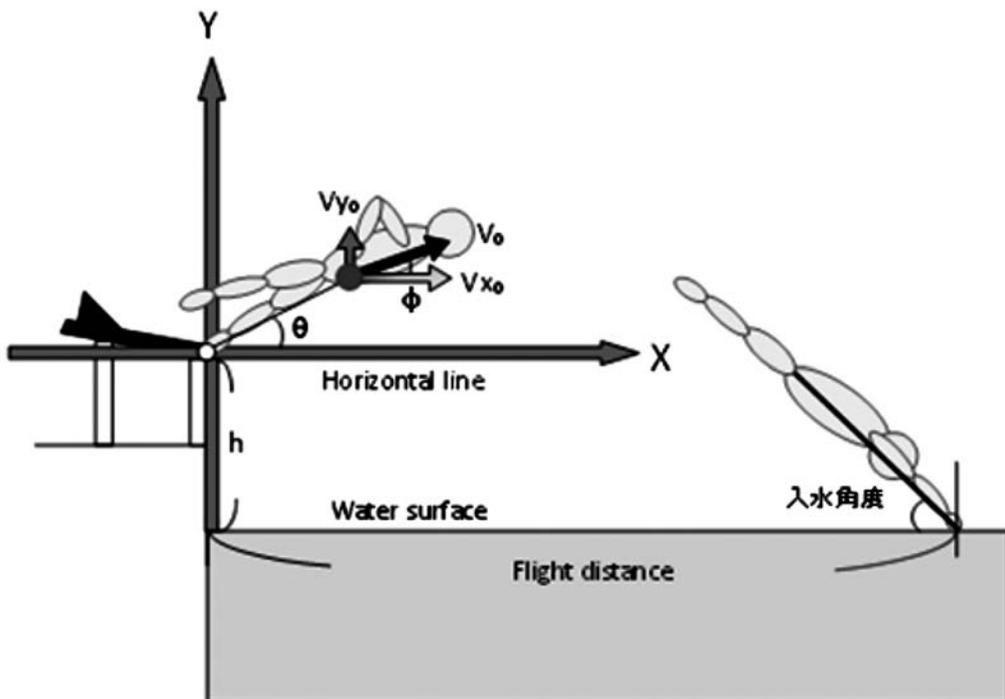


図3 本研究で用いた変量とその定義の概略図

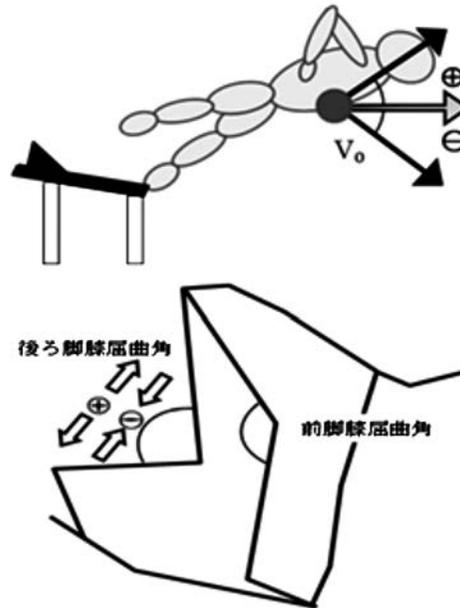


図4 飛び出し角度と膝関節角度の定義

ブロックタイム：スタートシグナル後から脚がスタート台を離台するまで時間

ブロック局面前半タイム：スタートシグナル後から後ろ脚がスタート台を離台するまでの時間

ブロック局面後半タイム：後ろ脚が離台してから前脚がスタート台を離台するまでの時間

手離れタイム：スタートシグナル後から手が離台するまでの時間

SWT (Start Water Touch time)：スタートシグナル後から手先が水に着水するまでの時間

SFE (Start Flight Entry time)：スタートシグナル後から体が完全に水没するまでの時間

フライトタイム：離台後から手先が着水するまでの時間

フライトエントリータイム：離台後から体が完全に水没するまでの時間

フルエントリータイム：手先が着水してから体が完全に水没するまでの時間

身体角度 (θ)：身体重心とスタート台先端を結ぶ線分が水平線となす角

飛び出し角度 (ϕ)：台上飛び出し時の身体重心速度ベクトルが水面となす角

入水角度：手先着水時における指先と大転子を結んだ線分と水面とのなす角

前脚膝屈曲角：構え時における前脚の膝屈曲角度

後ろ脚膝屈曲角：構え時における後ろ脚の膝屈曲角度

飛距離：手先着水時におけるスタート台壁からの距離

飛び出し身体重心水平速度：台上飛び出し時（泳者の足がスタート台を離れた時点）の
身体重心水平速度

飛び出し身体重心鉛直速度：台上飛び出し時（泳者の足がスタート台を離れた時点）の
身体重心鉛直速度

飛び出し身体重心合成速度：台上飛び出し時（泳者の足がスタート台を離れた時点）の
身体重心合成速度

統計処理として、BSRとBSFにおける測定値間の平均値の差にはt検定を用いた。変数間の相関についてはピアソンの相関係数を用い相関分析を行った。本研究における統計的有意水準はすべて5%未満($p < 0.05$)とした。

3. 結果

1) 各局面における身体重心位置

表2にはBSRとBSFの重心位置の平均値と標準偏差を記した。BSRとBSFの構え時におけるX座標($p < 0.01$)、Y座標($p < 0.05$)、手離台時におけるX座標($p < 0.01$)、後ろ脚離台時におけるY座標($p < 0.05$)においての有意な差が認められた。手離台時におけるY座標、後ろ脚離台時におけるX座標、跳び出し時のX座標・Y座標では有意な差は見られなかった。また、すべての被験者において例外なく、構え時のX座標の値がBSRの方がスタート台前縁よりも後方に存在した。

2) 各局面における所要時間

表3にはBSR、BSF両試技の各局面における所要時間の平均値と標準偏差を示した。ブロックタイム($p < 0.01$)・ブロック局面前半タイム($p < 0.01$)・手離れタイム($p < 0.01$)・SWT($p < 0.01$)・

表2 各局面における身体重心位置

	BSR		BSF		
	Mean	SD	Mean	SD	
構え時X座標 [m]	-0.28	± 0.02	-0.11	± 0.02	※※
Y座標 [m]	0.76	± 0.03	0.77	± 0.03	※
手離台時X座標 [m]	-0.04	± 0.07	0.02	± 0.06	※※
Y座標 [m]	0.71	± 0.03	0.70	± 0.04	
後ろ脚離台時X座標 [m]	0.38	± 0.05	0.40	± 0.05	
Y座標 [m]	0.67	± 0.06	0.64	± 0.06	※
跳び出し時X座標 [m]	0.74	± 0.08	0.76	± 0.07	
Y座標 [m]	0.66	± 0.08	0.61	± 0.09	

※※ $p < 0.01$

※ $p < 0.05$

表3 各局面における所要時間

		BSR		BSF		
		Mean	SD	Mean	SD	
ブロックタイム	[s]	0.774	± 0.081	0.695	± 0.066	※※
ブロック局面前半	[s]	0.679	± 0.077	0.594	± 0.068	※※
ブロック局面後半	[s]	0.096	± 0.010	0.102	± 0.010	
手離れタイム	[s]	0.518	± 0.065	0.427	± 0.075	※※
SWT	[s]	1.057	± 0.076	0.947	± 0.083	※※
SFE	[s]	1.375	± 0.095	1.289	± 0.096	※※
フライトタイム	[s]	0.282	± 0.043	0.252	± 0.045	※
フライトエントリータイム	[s]	0.601	± 0.057	0.593	± 0.085	
フルエントリータイム	[s]	0.318	± 0.056	0.342	± 0.072	※

※※ $p < 0.01$

※ $p < 0.05$

SFE ($p < 0.01$)・フライトタイム ($p < 0.05$)はBSFよりもBSRが有意に大きい値を示し、フルエントリータイム ($p < 0.05$)はBSFよりもBSRが有意に小さい値を示した。

ブロックタイムとブロック局面前半タイム、SWTでは被験者12名全員がBSRよりBSFの値が小さくなるという結果であった。ブロックタイムは最大0.15秒、最小0.017秒の差が、ブロック局面前半タイムでは、最大0.167秒、最小0.017秒の差がみられた。SWTでは最大で0.217秒、最小で0.034秒の差が、SFEでは1名を除いた被験者でBSRがBSFよりも大きい値を示し、最大で0.217秒の差であった。フライトタイムにおいては2名を除く被験者で、最大で0.083秒、最小で0.017秒の差が見られ、フルエントリータイムでは2名がBSRの値が大きく、3名は差がなく、その他の被験者でBSFの値が大きくなる結果となり、最大で0.083秒大きい値を示した。

3) 跳び出し角度、身体角度、入水角度

表4にはBSR、BSF両試技における跳び出し角度、身体角度、入水角度、構え時の後ろ脚膝屈曲角と前脚膝屈曲角の平均値と標準偏差を示した。

両試技間における身体角度、跳び出し角度、入水角度、前脚膝屈曲角には有意な差は認められなかった。後ろ脚膝屈曲角の間には有意な差 ($p < 0.01$)が認められた。

表4 各局面における角度

		BSR		BSF		
		Mean	SD	Mean	SD	
身体角度	[deg]	35.61	± 5.27	33.17	± 5.96	
跳び出し角度	[deg]	-7.94	± 6.36	-11.43	± 6.69	
入水角度	[deg]	44.59	± 5.72	46.87	± 5.37	
後ろ脚膝屈曲角	[deg]	92.97	± 10.93	109.47	± 11.71	※※
前脚膝屈曲角	[deg]	151.36	± 12.37	147.50	± 9.75	

※※ $p < 0.01$

※ $p < 0.05$

表5 身体重心速度および飛距離

		BSR		BSF		
		Mean	SD	Mean	SD	
手離台時						
身体重心水平速度	[m/s]	2.27	± 0.44	1.86	± 0.60	※※
後ろ脚離台時			±		±	
身体重心合成速度	[m/s]	3.63	± 0.26	3.46	± 0.23	※※
身体重心水平速度	[m/s]	3.62	± 0.26	3.44	± 0.22	※※
身体重心鉛直速度	[m/s]	-0.08	± 0.25	-0.17	± 0.34	
離台時						
身体重心合成速度	[m/s]	4.30	± 0.26	4.15	± 0.29	
身体重心水平速度	[m/s]	4.21	± 0.25	4.02	± 0.29	※
身体重心鉛直速度	[m/s]	-0.77	± 0.41	-0.91	± 0.50	
飛距離	[m]	2.96	± 0.29	2.80	± 0.28	※※

※※ $p < 0.01$

※ $p < 0.05$

4) 身体重心速度、飛距離

表5にはBSR、BSF両試技の身体重心合成速度、身体重心水平速度、身体重心鉛直速度、飛距離の平均値と標準偏差を示した。手離台時における身体重心水平速度 ($p < 0.01$)、後ろ脚離台時における身体重心合成速度 ($p < 0.01$)、身体重心水平速度 ($p < 0.01$)、離台時における身体重心水平速度 ($p < 0.05$)、飛距離 ($p < 0.01$) において有意な差が認められ、すべての項目でBSFよりもBSRが大きい値を示した。身体重心鉛直速度は後ろ脚離台時および離台時において、有意な差は認められなかった。

離台時における身体重心水平速度では、被験者2名を除きその他の被験者全員がBSFよりもBSRが大きい値を示す結果となった。BSRとBSFの差は最大で0.63m/sであった。

4. 考察

1) ブロックタイムに及ぼす影響について

i) 身体重心移動距離

BSFに比べBSRのブロックタイム及びブロック局面前半タイムの増大の要因として、構え時の重心位置の違いが考えられる。BSRは構え時に泳者の身体重心がBSFに比べ平均で0.17m後方に配置されている。後ろ脚離台時の身体重心位置の差、跳び出し時の身体重心位置の差はともに0.02mであり、BSFが若干ではあるがスタート台前縁よりも前方にある。構え時から後ろ脚離台時までの身体重心移動距離は平均でBSRが0.66m、BSFが0.51mであり移動距離の差は0.15mである。また構え時から跳び出しまでの身体重心移動距離の差も0.15mである。この0.15mの身体重心移動距離の差がブロックタイム及びブロック局面前半タイムの増大の要因であると考えられる。J.Pauloら(2000)はTrack startでTSRとTSFの比較を行った場合に、TSRのブロックタイムが0.94s、TSFが0.90sでありTSRのブロックタイムが大きくなる結果を示している。この時のTSRとTSFの構え時における身体重心の差は0.22mであった。これらの結果からも本研究におけるブロックタイムの増加の要因は、構え時の身体重心位置の違いによって構え時から跳び出し時までの身体重心移動距離が長くなるためであると推察される。

また、本研究ではブロック局面後半タイムには有意な差が認められず、平均値でもほとんど差は見られなかった。BSR、BSF両試技のそれぞれにブロックタイムとブロック局面前半タイムの間に有意な正の相関関係 (BSR: $r = 0.992$ $p < 0.01$ BSF: $r = 0.981$ $p < 0.01$) が見られたことからブロックタイムの差は、ブロック局面前半タイムの影響が大きいと考えられる。よってBSRとBSFそれぞれの動作においてブロックタイム短縮のためにはブロック局面前半タイムの短縮が重要であることが示唆された。武田ら(2007)は、Track startにおいて、ブロックタイムの早い被験者と遅い被験者の動作を比較し、後ろ脚の蹴り出し動作タイミングがブロックタイム短縮に大きく関わる可能性を示唆している。本研究においても同様の結果が表れたことから、バックプレート付きスタートにおいても後ろ脚の蹴り出し動作のタイミングがブロックタイムに関係していることが推察された。

スタートシグナル後から手先が水に着水するまでの時間 (SWT) とスタートシグナル後から体が完全に水没するまでの時間 (SFE) においても両試技間には有意な差が認められた。J. Pauloら(2000)の研究でも同様の結果であり、その要因はブロックタイムの差であると考察している。本研究ではブロックタイムがSWTにおいてBSRでは全体の73.2%、BSFで73.4%を、SFEではBSRが56.3%、BSFが53.9%と大部分を占めているためSWTとSFEの両試技間の差はブロックタイムの影響が大きいと推察された。

ii) 身体重心水平速度

後ろ脚離台時において身体重心合成速度および身体重心水平速度は、BSRがBSFよりも大きく両試技における平均値の差は、後ろ脚離台時身体重心合成速度が0.17m/s、身体重心水平速度が0.18m/sであった。離台時にも身体重心水平速度に有意な差が表れ、平均値の差は0.19m/sであった。この要因としてブロックタイムおよびブロック局面前半タイムの増加が考えられる。武田ら(2007)は、Track startの地面反力を計測し、Track startの後ろ脚の離台の直前に水平反力のピークが見られることを報告、これによりTrack startの跳び出し速度の増加は後ろ脚の蹴り出しによる貢献があることを示唆している。スタート台の傾斜が増加することで後ろ脚によるスタート台に垂直な反力が水平方向に偏向した結果、後ろ脚離台直前の水平速度の増加が見られたと考えている。このことから本研究で用いたバックプレート付きスタート台は、傾斜が極端に大きくなったとも考えられることから、武田ら(2007)と同様に後ろ脚の蹴り出しによる貢献があったと推測される。また、森山ら(2006)は、Grab startにおいて身体重心水平速度と身体重心合成速度はブロックタイムとの間に正の相関があると述べており、その要因は長くどまることにより力をためることにつながるためであると述べている。これらのことから、本研究においてもブロック局面前半タイムの増加によって、後ろ脚が得る地面反力が増加すると考えられた。また地面反力は、スターティングブロックの傾斜により、水平方向への力を多く得ることができ、そこで得た反力は、スタート局面のパフォーマンス向上において重要な水平方向への力の増大を生み出す結果となったと考えられる。よって、ブロック局面前半において、より長くスタート台と接するBSRの身体重心水平速度がBSFよりも大きくなったと推察される。そしてブロック局面前半で得た身体重心水平速度は、跳び出し時の身体重心水平速度に貢献し、結果として跳び出し時身体重心水平速度の増加につながったと考えられる。

また、舩矢ら(1998)はTrack startにおいて離足時の身体重心水平速度と身体重心の移動距離および手が離れた時点の水平速度の間に有意な正の相関が認められたこと、手が離れた時点の水平速度は手が離れるまでの移動距離および手が発揮した力積の間に有意な相関が認められたことを報告している。これらの結果から、水平移動距離が大きく、身体を引きつけるために手によって発揮される力が大きいことが水平速度の産生に関連していると示唆している。本研究では、跳び出し時の身体重心水平速度と手離台時の身体重心速度の間には有意な正の相関関係(BSR: $r = 0.710$ $p < 0.05$ BSF: $r = 0.683$ $p < 0.05$)が見られている。また、BSFとBSRでは、BSRの方が手離台までの水平移動距離が大きいことから、手が離れた後の速度よりも、手が離れるまでに達成される速度の大きさに跳び出し時の身体重心水平速度は関係していることが示唆された。吉田ら(1981)は、跳び出し時の身体重心水平速度と5m到達時間との間にはかなり高い相関が認められると報告している。また本間ら(1997)は、跳び出し水平速度と10m通過時間との間に有意な負の相関を報告している。これらのことからスタートパフォーマンス向上のためには、跳び出し時の身体重心水平速度が重要である。よって身体重心水平速度の観点からは、BSFよりもより高い速度を獲得することができるBSRが優れていると考えられる。本研究では、最も後ろに引いた被験者でも身体重心位置はスタート台前縁から-0.29mであった。しかしながら構え時における膝屈曲角は後ろ脚が平均 94.68 ± 9.71 度であり最も屈曲した被験者で 83.23 度であった。後傾時に極端な後傾や膝の屈曲は、身体重心移動距離の増加や、水平方向の力だけではなく、身体を水平方向に動かす前に鉛直方向へ持ち上げる必要があり、無駄な力と時間を費やすことになると考えられるため望ましくないと推察される。

iii) 飛距離

飛距離では、BSRとBSFの間に有意な差が見られており、平均で0.16mの差が表れた。この要因は身体重心水平速度の違いであると考えられる。離台後の身体は空気以外の抵抗を受けることはな

い。空気抵抗は小さく無視できるものとする、スタート動作は投射運動とみなすことができる。よって、飛距離は跳び出し角度および跳び出し時の身体重心合成速度によって決定される。跳び出し角度には有意な差は見られていないが平均値では2.18度の差が見られる。進行方向である身体重心水平速度ではBSRが有意に大きい値を示し平均では0.2m/sの差が見られる。進行方向すなわち飛距離を決定するパラメーターは進行方向に対する力である身体重心水平速度である。そのため、身体重心水平速度の大きかったBSRが飛距離も大きくなったと考えられる。

2) 入水に及ぼす影響について

本研究においてBSFとBSRでは入水角度には有意な差は見られなかったが、フルエントリータイムには有意な差が見られた。森山ら(2006)は、Grab startの場合において、入水角度とエントリータイムの間に正の相関関係があると述べている。また尾関ら(2009)は、手着水時における手先と大転子を結んだ身体姿勢角(本研究では入水角)と入水スピードとの間に有意な負の相関関係が認められたと報告している。これらのことから、入水角度は浅い方が、時間が短く、入水スピードが高くなるといえる。本研究では入水角度に差はないものの、フルエントリータイムには差が表れた。しかし、その差は0.02秒と非常に小さいものであった。この要因としては、跳び出し時身体重心合成速度および入水角度によるものであると考えられる。跳び出し身体重心合成速度と入水角度では有意な差は見られていないものの合成速度では0.15m/s、入水角度では2.3度の差がある。跳び出し速度の大きかったBSRは入水開始時の速度も速いと考えられ、さらに入水角度も2.3度ではあるが浅くなっている。これら2つの要因から、入水局面において速いスピードで入水を開始し、入水角度の浅くスピードの減速が少なかったBSRのフルエントリータイムが短くなったと推察される。

入水角度に有意な差が表れなかった要因として、後ろ脚の蹴り出し方向が影響していると考えられる。山下ら(2008)の先行研究では、Track startとBlock startで比較を行った結果、Track startの入水角度が有意に大きくなるという結果であった。これは、台上との摩擦力が関係しており、Track startでは鉛直方向に力を加えなければ滑る可能性がある。Block startはスターティングブロックの傾斜によってTrack startよりも鉛直方向にかける力が少なく済むと示唆している。よって、鉛直方向へより多く力を加えるTrack startはBlock startよりも多くの回転運動が起き、入水角度が大きくなったと考察している。本研究で行ったBSRとBSFでは、脚の間隔とバックプレートの角度は同じである。その角度はスタート台が水平面に対して10度傾いており、さらにスタート台上からバックプレートが30度傾いているため、バックプレートは水平面に対して40度の傾斜がついている。この傾斜によりどちらのスタート動作でも鉛直方向への力を多く加える必要がなく跳び出すことが可能となり、両スタートの間に回転運動の差がみられず、その影響が入水角度に影響し、入水角度においても差のない結果となったと考えられる。

5. まとめ

本研究ではバックプレート付きスタート台を使用したトラックスタート動作の台上動作に着目し、構え時の身体重心を前後に分け、身体重心位置の違いがスタートパフォーマンスにどのような変化を与えるか比較・検証することを目的とした。本研究で得られた結果は以下の通りである。

- (1) ブロックタイムはBSRよりもBSFの方が有意に短い。
- (2) 跳び出し時における身体重心水平速度はBSFよりもBSRが有意に速い。
- (3) 飛距離はBSFよりもBSRが有意に大きい。

通常、スタート局面は15mの通過時間で評価されるため、本研究で得られた知見からスタート局

面全体について考察を行うためには、入水後のグライド期を考慮する必要があると思われる。BSFとBSRの特徴から、グライド期における動作の巧拙によって2種類のスタート動作を使い分ける必要があると考えられる。グライド期でのストリームライン、浮き上がり、キックの打ち方等の技術の巧拙によって水の抵抗の大小、推進力の大小が決定する。グライド期の技術が劣っており抵抗が増加する選手はBSRを使用し、離台までの時間はかかるが、それと引き換えに進行方向への大きいスピードを獲得、抵抗の少ない空中で距離を稼ぐ方がグライド期でのデメリットを減少することになるのではないかと考えられる。逆にグライド期の技術に優れ、抵抗の少ない動作や、推進力をうまく生みだすことができる選手は、台上動作では時間短縮というアドバンテージを得て、グライド期へとつなげることがパフォーマンス向上に役立つと考えられる。このように個々の能力に応じ、スタート動作の使い分けを行うことが必要不可欠であると考えられる。

6. 引用参考文献

- 阿江通良, 藤井範久 (2002): スポーツバイオメカニクス20講, 朝倉書店
- 本間正信, 生田泰志, 宮地力 (1997): 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 :379-384
- J. Paulo, Vilas-Boas, M. Joao, Cruz, F. Sousa, F. conceicao, Joao, M. Carvalho (2000) : Integrated kinematic and dynamic analysis of two track-start techniques, Proceedings of XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports, : 113-117
- 窪康之 (2005) : 競泳のスタートおよびターン局面の動作に関するバイオメカニクス的研究, 日本バイオメカニクス学会機関誌, No. 4 Vol. 9
- 舩矢修玲, 田口信教 (1998) : 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
- 森山進一郎, 北川幸夫, 平澤愛 (2006) : 競泳におけるグラブスタートの指導法に関する研究: 水面上動作に着目して, 日本女子体育大学紀要第36巻
- 尾関一将, 桜井伸二, 田口正公 (2009) : 競泳スタートにおける跳び出し方法が入水方法に与える影響, 日本水泳・水中運動学会2009年次大会論文集
- 尾関一将, 桜井伸二, 田口正公 (2010) : バックプレートを用いたスタート方法はスタート局面時間を短縮するか—キックスタートとトラックスタートの比較—, 日本水泳・水中運動学会2010年次大会論文集
- 尾関一将, 桜井伸二 (2011) : 女子競泳選手におけるキックスタートとトラックスタートの比較, 中京大学体育研究所紀要 25:13-16
- 武田剛, 椿本昇三, 野村武男 (2007) : 地面反力から見た競泳スタート台上動作, 日本機械学会シンポジウム講演論文集
- Vladimir B. Issurin, Oleg Verbitsky (2003) : Track start vs. grab start: evidence of the Sydney Olympic Games, Proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.
- 宝来毅 (2011) : レースにおけるスタート局面のパフォーマンスにスタート台のバックプレートが及ぼす影響, 日本水泳・水中運動学会2011年次大会論文集
- 吉田章, 斎藤慎一 (1981) : 競泳におけるスタート動作の分析, 筑波大学体育科学系紀要 :49-54
- 山下哲央, 石川雄一, 田中伸弥 (2008) : スターティングブロックを使用したスタートに関する研究, 日本水泳・水中運動学会2008年次大会論文集