

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

佐藤大典¹⁾, 水上拓也²⁾, 水藤弘吏³⁾, 白木孝尚⁴⁾, 草薙健太⁵⁾, 高橋繁浩⁵⁾

¹⁾ びわこ成蹊スポーツ大学スポーツ学部

²⁾ 大阪体育大学大学院スポーツ科学研究科

³⁾ 愛知学院大学心身科学部

⁴⁾ 東洋大学法学部

⁵⁾ 中京大学スポーツ科学部

キーワード： 競泳, リレー競技, 引き継ぎスタート, オーバーステップスタート

【要 旨】

競泳競技では、リレー引き継ぎスタートとして、新しいスタート(オーバーステップスタート)が用いられている。本研究の目的は、オーバーステップスタートの台上動作に着目し、従来のスタートとのキネマティックの特徴を比較・検討することとした。対象者は男子大学競泳選手 8 名とし、3 種類(オーバーステップスタート, シングルステップスタート, ノーステップスタート)の引き継ぎスタートをランダムに行わせた。その結果、オーバーステップスタートは、シングルステップスタートよりも有意に高い跳び出し速度と水平速度を示した。跳び出し角度および飛距離についてはいずれのスタートにおいても有意な差はみられなかった。一方で、跳び出し時における身体重心速度の回転要素では、オーバーステップスタートが従来の 2 つのスタートよりも有意に高値を示した。これらの結果より、オーバーステップスタートは従来の引き継ぎスタートと比較して高い跳び出し速度および水平速度を獲得できる可能性がある一方で、下方に跳び出してしまう可能性もあるスタート方法であることが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 13, 30-39, 2021 年, 受付日: 2020 年 4 月 10 日, 受理日: 2021 年 1 月 18 日

責任著者: 佐藤大典 滋賀県大津市北比良 1204 sato-d@g.bss.ac.jp

Study on the passing method in relay event of swimming: focusing on the motion on starting block of over-step start

Daisuke Sato¹⁾, Takuya Mizukami²⁾, Hiroshi Suito³⁾, Takahisa Shiraki⁴⁾,
Kenta Kusanagi⁵⁾, Shigehiro Takahashi⁵⁾

¹⁾ Biwako Seikei Sports College

²⁾ Graduate School, Osaka University of Health and Sport Sciences

³⁾ Aichi Gakuin University

⁴⁾ Toyo University

⁵⁾ Chukyo University

Key words: swimming race, relay race, passing start, over-step start

【Abstract】

The Over-step start is employed as a relay start in swimming competitions. The purpose of the present study was to examine the kinematic characteristics of the over-step start compared to those of the conventional start, focusing on the movement on the starting block. The participants were eight male university swimmers who randomly tried three types of passing starts: over-step start, singlestep start, and no-step start. As a result, the over-step start showed significantly higher take-off velocity and horizontal take-off velocity than the single-step start. No significant differences were observed in the take-off angle and flight distance. However, the rotational component of the center of mass at the take-off velocity showed significantly higher values for the over-step start than those of the conventional two types of relay starts. These results suggest that the over-step start provides higher take-off velocity and horizontal take-off velocity compared to the conventional relay start, but may include a risk of having to jump downward.

I. 緒言

競泳におけるスタート局面は、スタート地点から頭部が 15m 地点を通過するまでと定義されており、レース中に最も高い速度を達成する(若吉, 2001). スタート局面のパフォーマンスを向上させるには、ブロック期(スタートシグナルから泳者がスタート台を離台するまで)におけるスタート台から離台した瞬間の身体重心水平速度(以下、跳び出し水平速度)を高めることが重要である(尾関ほか, 2014; 武田ほか, 2006). さらにエントリー期(身体の一部が入水してから全身が入水するまで)では、入水姿勢角(入水開始時の大転子と手部を結ぶ線分が水面となす角)が小さく、入水迎え角(入水開始時の身体重心の速度ベクトルと水面がなす入水角と入水姿勢角との角度差)が 0 度に近い入水方法を行うことにより、入水時に生じる身体重心速度の減少を抑制し、スタート局面のパフォーマンス向上に繋がる可能性が報告されている(尾関ほか, 2010). また、水は空気よりも密度が高いため、泳者は抵抗の少ない空中で長い飛距離を獲得することも求められる。飛距離は跳び出し速度と跳び出し角度により決定し、跳び出し角度の減少に伴い跳び出し速度が増加するのに対し、跳び出し角度が増加することによって飛距離が増加する傾向にあると報告されている(武田ほか, 2006). 個人種目で主に用いられるキックスタート(トラックスタートのように脚を前後に開き、跳び出す際に後方脚でバックプレート蹴り出すスタート方法)について、前方脚は飛距離の増加に、後方脚は身体重心水平速度の増加に貢献することが報告されている(Ikeda et al., 2016).

リレー種目の第 1 泳者のスタート動作は個人種目と同様に、構え姿勢より一時静止し、スタートシグナル後に動き出す。一方、第 2 泳者から第 4 泳者のスタート動作(以下、引き継ぎスタート)には一時静止の制約がないため、スタート台上で自由に動くことができる。これまでの主な引き継ぎスタート方法は、バックプレートにかけた足を一步前に出して両足を揃えてスタートするシングルステップスタート(動画 1), あるいはステップ動作を行わないノーステップスタート(動画 2)がある。上記の 2 種類の引き継ぎスタート方法について、McLean et al.(2000)はキネマティクスの観点より、Takeda et al.(2010)はキネティクスの観点よりそれぞれ比較したものの、それぞれの引き継ぎスタート方法がスタートパフォーマンスの向上に貢献したという報告は見られない。

2018 年 8 月に開催された Pan Pacific Swimming Championships 2018 で男子 400m メドレーリレー、男子 800m フリーリレーで優勝したアメリカチームは、従来とは異なるスタート方法(以下、オーバーステップスタート, (動画 3))を引き継ぎスタートとして取り入れていた。さらに、2019 年 7 月に開催された 18th FINA World Championships では、男女を問わず多くのチームがこのオーバーステップスタートを採用していた。オーバーステップスタートとは、バックプレートの後ろとバックプレート上に片足ずつ置き、前泳者のゴールタッチに合わせてバックプレートの後ろに位置していた足をスタート台前方に移動させ、キックスタートと同じ足配置で跳び出すスタート方法である。マグリシオ(2005)は、垂直跳びの場合に 1 から 2 歩だけでも助走すれば助走しないときよりもはるかに高くジャンプできることから、リレーの引き継ぎスタートにおいても 1 から 2 歩でも助走を利用した方が遠くまで跳べると考えることは理にかなっていると述べている。このことから、シングルステップスタートよりも長い助走距離であるオーバーステップスタートは、長い飛距離や高い身体重心速度の獲得に繋がるということが考えられる。しかしながら、これまでの研究においてオーバーステップスタートを対象にした報告はみられず、そのキネマティクスの特徴も明らかにされていない。

本研究の目的は、オーバーステップスタートとこれまでリレー種目で用いられてきた従来の引き継ぎスタートのスタート台跳び出し時のキネマティクスの変数を比較し、オーバーステップスタートのキネマティクスの特徴について検討することとした。

II. 方法

1. 対象者

対象者はリレー競技に出場経験のある男子大学競泳選手 8 名(年齢:19.8±1.0 歳, 身長:1.73±0.07m, 体重:70.6±6.4kg)であった。実験に先立ち, 全ての対象者には本研究の目的および測定内容, 危険性について十分に説明を行った後, 実験への参加の同意を得た。なお, 本研究内容は, びわこ成蹊スポーツ大学学術研究倫理専門委員会(成ス第 47 号)によって承認を得た。

2. 実験試技

試技は屋内プール(25m×6 レーン, 水深 1.4m から 3.0m)にて, 実際のリレー種目を想定し, 約 10m 手前から泳いでくる泳者に合わせて, A) オーバーステップスタート, B) シングルステップスタート, C) ノーステップスタートの 3 種類の引き継ぎスタートを用いた 25m 自由形全力泳を 1 回ずつ行わせた。3 種類の引き継ぎスタートの試技順はランダムとした。引き継ぎの成否については験者が目視にて確認し, 失格と判断した場合には再度試技を行った。試技前には各自 45 分間程度のウォーミングアップを行わせた。対象者は実験当日の 2 週間前から, 各試技を 1 日 3 回から 5 回ずつ練習を行った。

3. 撮影およびデータ処理

対象者側方のプールサイドに 1 台のハイスピードカメラ(コーチングカム, JVC 社製, サンプリング周波数:120Hz, 露光時間:1/1000 秒)を設置し, 試技の撮影を行った。

撮影した映像より, デジタイズソフト(Frame-Dias 6, DKH 社製)を用いて, 分析範囲(対象者の足部がスタート台から離れた瞬間の 30 コマ前から手部指先が入水するまで)における身体特徴点 12 点(耳珠点, 右肩, 右肘, 右手首, 右手部指先, 右大転子, 左右膝, 左右足首, 左右足部指先)の位置をデジタイズし, 実長換算法にて実座標値を得た。その実座標から阿江ほか(1992)の身体部分係数を用いて身体重心点の座標値を算出した。画像分析により得られた実座標は, プール壁面と水面の堺目を原点とし, 対象者の進行方向を X 軸, 鉛直上向き方向を Y 軸とし, 引き継ぎスタートを二次元的に分析した。得られた実座標値は, バターワースローパスフィルタを用いて平滑化を行った。遮断周波数は先行研究(武田ほか, 2006;武田ほか, 2007)を参考に 7Hz とした。

4. 引き継ぎスタート動作の振り子モデル化

先行研究(Ikeda et al., 2016;岩原・窪, 2004;窪, 2005;武田ほか, 2006)を参考に, 振り子モデルを用いて引き継ぎスタート動作を評価した。この振り子モデルは, 身体重心とスタート台先端を結んだ線分から構成され, この線分の回転(回転要素)と伸縮(伸展要素)より運動をモデル化したものである(武田ほか, 2006)。すなわち, このモデルを用いることで, 引き継ぎスタート動作を振り子の伸展運動と回転運動として表現することができる。陸上のスタート動作に関する研究では, 選手および指導者の経験

から、クラウチングスタートでは「倒れ込み」と「伸び上がり」のバランスが重要であると報告されている(土江ほか, 2008)が, この視点は振り子モデルの回転要素と伸展要素より表現することができる. そのため, このモデルは, 選手や指導者がスタート動作の挙動を単純に理解することに役立つと考えられる(金高ほか, 2009). 本研究では, 先行研究の方法を参考に後述する式(1)および式(2)より, 跳び出し時の身体重心速度を伸展要素(振り子モデルの線分方向の速度ベクトルの大きさ)と回転要素(振り子モデルに直交する速度ベクトルの大きさ)に分解した(図1).

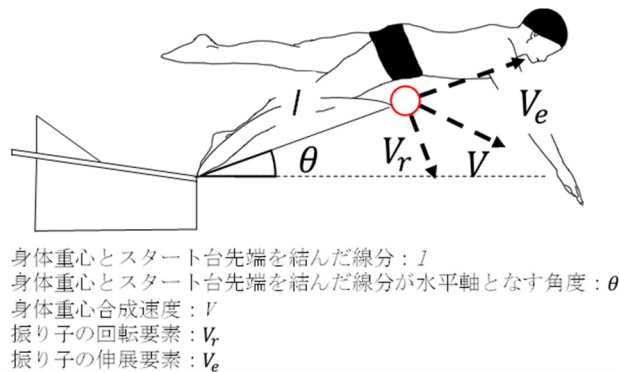


図1 振り子モデルに関する分析項目

5. 算出項目

先行研究(Mclean et al., 2000;尾関ほか, 2010;武田ほか, 2006)を参考に, 収集した座標データを用い, 以下に示す項目を算出し, 分析した. なお, その概略図を図2に示した.

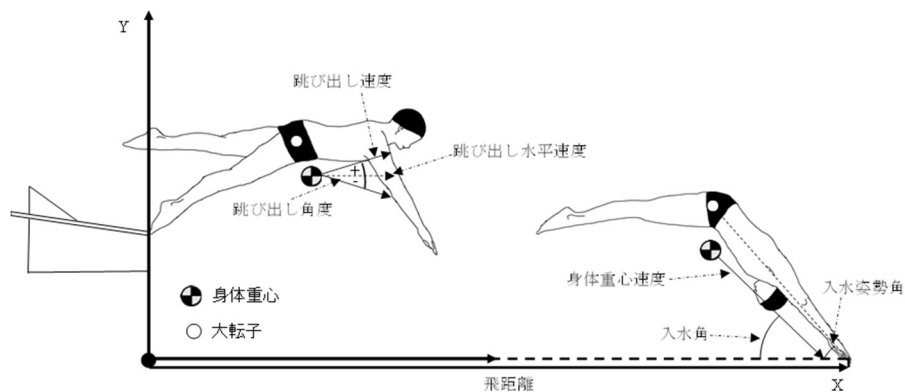


図2 算出項目に関する概略図

- A) 身体重心水平距離:分析範囲において, 身体重心が最後方にある点からスタート台先端までの距離とした. 数値が大きいほど, スタート台先端より身体重心が X 軸方向に離れていることを示す.
- B) 跳び出し水平速度:台上跳び出し時(泳者の足部がスタート台を離れた時点)の身体重心水平速度とした.
- C) 跳び出し速度:台上跳び出し時の身体重心合成速度とした.

- D) 飛び出し角: 台上飛び出し時の身体重心の速度ベクトルが水面となす角度とした。
- E) 入水角: 入水開始時(泳者の手部が入水した時点)の身体重心の速度ベクトルが水面となす角度とした。
- F) 入水姿勢角: 入水開始時の大転子と手部指先を結ぶ線分が水面となす角度とした。
- G) 入水迎え角: 入水姿勢角から入水角を差し引いた角度差とした。
- H) 飛距離: スタート台先端から手部指先が入水した地点の水平距離とした。
- I) 身体重心速度の回転要素および伸展要素: 身体重心速度の回転要素 (V_r)と伸展要素 (V_e)は以下の式により求めた。

$$V_r = -l\dot{\theta} \quad (1)$$

$$V_e = \dot{l} \quad (2)$$

なお, l は重心とスタート台先端を結んだ線分の長さ, \dot{l} は l の時間微分, θ は重心とスタート台先端を結んだ線分と水平軸のなす角度, $\dot{\theta}$ は θ の時間微分である。

6. 統計処理

Shapiro-wilk 検定により正規性の確認を行い, Mauchly の球面性の検定により, 等分散性の確認を行った。試技間における各項目間の有意差検定には, データの正規分布が認められた場合は対応のある一元配置分散分析を, 正規分布が認められなかった場合にはフリードマン検定により変数の差の比較を行った。事後検定にはいずれも Bonferroni 法を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。本研究の統計処理は, SPSS statistics 25.0 (IBM 社製)を用いて行った。

III. 結果

表 1 に, 各項目の平均値および標準偏差を示した。身体重心水平距離は, オーバーステップスタートがシングルステップスタート($p=0.001$)およびノーステップスタート($p=0.001$)よりも有意に低値を示した。飛び出し水平速度は, オーバーステップスタートがシングルステップスタート($p=0.033$)よりも有意に高値を示した。一方で, オーバーステップスタートとノーステップスタートの間には有意な差は認められなかった。飛び出し速度は, オーバーステップスタートがシングルステップスタート($p=0.023$)よりも有意に高値を示した。一方で, オーバーステップスタートとノーステップスタートの間には有意な差は認められなかった。飛び出し角度は, 各試技間において有意な差は認められなかった。飛び出し時の身体重心速度の回転要素は, オーバーステップスタートがシングルステップスタート($p=0.001$)およびノーステップスタート($p=0.001$)よりも有意に高値を示した。飛び出し時の身体重心速度の伸展要素は, オーバーステップスタートがシングルステップスタート($p=0.014$)およびノーステップスタート($p=0.010$)よりも有意に低値を示した。飛距離は, 各試技間において有意な差は認められなかった。入水角は, 各試技間において有意な差は認められなかった。入水姿勢角は, 各試技間において有意な差は認められなかった。入水迎え角は, 各試技間において有意な差は認められなかった。

表 1 各リレー引き継ぎスタート動作におけるキネマティクスの変数

Variables	unit	Over	One	No	test	Comparison
身体重心水平距離	(m)	0.04±0.10	0.24±0.10	0.26±0.14	ANOVA	* † Over < One, No
跳び出し水平速度	(m/s)	4.54±0.23	4.28±0.14	4.29±0.17	ANOVA	* Over > One
跳び出し速度	(m/s)	4.58±0.23	4.34±0.14	4.34±0.15	ANOVA	* Over > One
跳び出し角度	(°)	-4.8±6.4	-0.7±9.8	-0.9±9.4	ANOVA	n.s
身体重心回転要素	(m/s)	2.78±0.26	1.98±0.33	1.92±0.29	ANOVA	* † Over > One, No
身体重心伸展要素	(m/s)	3.64±0.24	3.84±0.21	3.89±0.22	ANOVA	* † Over < One, No
飛距離	(m)	3.13±0.26	3.12±0.28	3.07±0.28	ANOVA	n.s
入水角	(°)	33.7±2.7	33.1±2.9	32.4±3.6	ANOVA	n.s
入水姿勢角	(°)	36.4±4.6	37.2±4.1	37.6±3.7	Friedman	n.s
入水迎え角	(°)	2.7±6.6	4.1±4.7	5.2±3.1	ANOVA	n.s

p<0.05: *: Over-One; †: Over-No; ‡: One-No

ANOVA: 一元配置分散分析, Friedman: フリッドマン検定

Over: オーバーステップスタート, One: シングルステップスタート, No: ノーステップスタート

IV. 考察

本研究では、これまでリレー種目で用いられてきた引き継ぎスタートであるシングルステップスタート、ノーステップスタートと2018年より取り入れられた新型引き継ぎスタートであるオーバーステップスタートの離台時のキネマティクスの変数を比較し、オーバーステップスタートのキネマティクスの特徴を検討した。

試技間における身体重心水平距離を比較したところ、オーバーステップスタートの方がシングルステップスタートおよびノーステップスタートよりも有意に低値を示した。このことより、オーバーステップスタートは従来の引き継ぎスタートよりもスタート台上での前方への移動距離が長いことが推察される。さらに、跳び出し水平速度を比較したところ、オーバーステップスタートの方がシングルステップスタートよりも有意に高値を示した。オーバーステップスタートとノーステップスタートの間には有意な差が認められなかったものの、対象者全員の跳び出し水平速度がオーバーステップスタートの方がノーステップスタートよりも高値を示した。一方で、入水姿勢角および入水迎え角においては、各試技間に有意な差は認められなかった。先行研究では、跳び出し水平速度を高めること(尾関ほか, 2014; 武田ほか, 2006)、エントリー期において入水姿勢角を小さく、入水迎え角を0度に近づけること(尾関ほか, 2010)がスタート局面でのパフォーマンスを高める上で重要であると報告している。これらのことより、オーバーステップスタートはシングルステップスタートおよびノーステップスタートと比べて、入水姿勢角と入水迎え角が同様であったものの、大きな跳び出し水平速度を獲得していたことから引き継ぎスタートのパフォーマンスを向上させる可能性が示唆された。

武田ほか(2006)は、跳び出し角度が減少するとともに跳び出し速度が増加する一方で、跳び出し角度が増加することにより飛距離が増加する傾向があると報告している。したがって、飛距離を伸ばすためには跳び出し角度をある程度大きくする必要があるといえる。試技間における飛距離を比較したところ、各試技間に有意な差は認められなかった。一方で、跳び出し速度は、オーバーステップスタートがシングルステップスタートよりも有意に高値を示したが、オーバーステップスタートとノーステップスタートの間に有意な差は認められなかったものの、対象者全員がオーバーステップスタートの方が高値を示していた。また、跳び出し角度は各試技間に有意な差は認められなかったものの、対象者8名のうち7

名がオーバーステップスタートの方がシングルステップスタートおよびノーステップスタートよりも低値を示していた。これらのことより、オーバーステップスタートはシングルステップスタートおよびノーステップスタートよりも跳び出し角度が小さくなる対象者が多数見られたことより、高い跳び出し速度を獲得することができるものの、飛距離に有意な差は認められなかったと考えられる。

本研究では、振り子モデルを用いて引き継ぎスタートを評価した。このモデルは重心とスタート台先端を結んだ線分(\vec{l})により構成され、伸展要素は振り子モデルの線分方向の速度ベクトルの大きさであり、回転要素はこの線分に直交する速度ベクトルの大きさである(武田ほか, 2006)。すなわち、このモデルを用いることで、スタート動作を振り子の伸展運動と回転運動とし表現できる。跳び出し時の身体重心速度の伸展要素では、オーバーステップスタートの方がシングルステップスタートおよびノーステップスタートよりも有意に低値を示した。一方で、回転要素ではオーバーステップスタートの方がシングルステップスタートおよびノーステップスタートよりも有意に高値を示した。Taladriz et al. (2016) は、キックスタートの特徴として、

グラブスタートよりも短時間で高い角運動量を獲得できることを挙げ、さらにスタート姿勢での前後に開いた脚の配置位置により、後方脚がバックプレートを蹴り出した後、前方脚および後方脚が鉛直上方向に移動することで角運動量が増大し、このことがグラブスタートと比較した際にキックスタートの跳び出し角度が有意に低くなることに繋がると報告している。このことより、オーバーステップスタートは従来の2つの引き継ぎスタートと比較して、キックスタートのような脚の配置位置による全身の回転運動が高い跳び出し水平速度の獲得に貢献する一方で、この回転運動が跳び出し角度の減少の要因であることが推察される。また、Ikeda et al. (2016)は、キックスタートでは後方脚の離台から前方脚が離台するまでの前方脚の鉛直方向への平均力と飛距離との間に有意な正の相関関係が認められたことより、前脚が飛距離の獲得に影響することを報告している。このことより、オーバーステップスタートでは跳び出し時に片脚の伸展動作のみしか利用することができないことを踏まえても、より前方脚で力強くスタート台を蹴り出し、跳び出し時における前方脚の力発揮を増大させることにより、飛距離を伸ばすことに繋がることが考えられる。

V. 今後の課題

先行研究(Ikeda et al., 2016;尾関ほか, 2014;尾関ほか, 2010)において、スタート局面のパフォーマンスは5m通過時間、あるいは15m通過時間で評価される。さらに、リレー種目では引き継ぎ時間(前泳者が壁にタッチした時点から次泳者がスタート台から跳び出すまでの時間)も引き継ぎスタート動作のスタートパフォーマンスに影響し、先行研究(Saavedra et al., 2014)では、引き継ぎ時間がリレー競技の競技結果に影響することが報告されている。これらのことより、今後は引き継ぎ時間および5m、あるいは15m通過時間を測定し、引き継ぎスタート方法を評価することが望まれる。

また、本研究ではスタート局面のパフォーマンス向上に重要とされるスタート台跳び出し時のキネマティクスの変数の違いに着目したため、引き継ぎスタートの動作解析範囲を跳び出す瞬間の30コマ前から入水するまでと限定した。さらに、本研究では、先行研究を参考に(McLean et al., 2000)、2次元動作解析法を用いて各引き継ぎスタート動作を分析した。そのため、スタート動作で見られる体幹部のねじれなどについて言及することができなかった。今後は、3次元動作解析法を用いて各引き継ぎスタ

ート動作を動作開始時より分析を行うことにより, 詳細なキネマティクスの観点より引き継ぎスタート動作の特徴を示すことができると考える。

VI. 結論

本研究では, シングルステップスタート, ノーステップスタートとオーバーステップスタートのキネマティクスの変数を比較し, オーバーステップスタートのキネマティクスの特徴を検討した. その結果, 飛び出し水平速度および飛び出し速度において, オーバーステップスタートがシングルステップスタートよりも有意に高値を示し, ノーステップスタートと比較しても対象者全員の飛び出し水平速度および飛び出し速度が高値を示す結果であった. 飛び出し角度は対象者 8 名のうち 7 名がオーバーステップスタートの方がシングルステップスタートおよびノーステップスタートよりも低値を示し, 飛距離ではいずれのスタートにおいても有意な差は認められなかった. 一方で, オーバーステップスタートはシングルステップスタート, ノーステップスタートよりも飛び出し時の身体重心速度の回転要素が有意に高値を示した. これらの結果より, オーバーステップスタートはシングルステップスタート, ノーステップスタートよりも全身の回転動作により高い飛び出し速度, 水平速度を獲得できる可能性があるものの, 下方に飛び出してしまいう可能性もあるスタート方法であることが示唆された.

VII. 引用・参考文献

- ・ 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志 (1992) 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定. バイオメカニズム. 11: 23-33.
- ・ Ikeda, Y., Ichikawa, H., Nara, R., Baba, Y., Shimoyama, Y., & Kubo, Y (2016) Functional role of the front and back legs during a track start with special reference to an inverted pendulum model in college swimmers. *Journal of applied biomechanics*. 32: 462-468.
- ・ 岩原文彦, 窪康之 (2004) 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.
- ・ 金高宏文, 松村勲, 瓜田吉久 (2009) 逆振り子モデルからみたクラウチングスタートとスタンディングスタートの水平速度獲得要因の違い. *スプリント研究*, 19:19-28.
- ・ 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の研究. バイオメカニクス研究. 9:259-265.
- ・ McLean, S. P., Holthe, M. J., Vint, P. F., Beckett, K. D., & Hinrichs, R. N (2000) Addition of an approach to a Swimming Relay Start. *Journal of applied biomechanics*. 16:342-355.
- ・ マグリシオ EW, 高橋繁浩, 鈴木大地翻訳 (2005) スイミング・ファステスト. ベースボールマガジン社, 319.
- ・ 尾関一将, 桜井伸二, 田口正公 (2014) 競泳におけるキックスタートとトラックスタートの比較:性差を踏まえたパフォーマンスの検討. *水泳水中運動科学*. 17:4-11, 2014.
- ・ 尾関一将, 桜井伸二, 高橋繁浩, 田口正公 (2010) 入水方法の違いが競泳スタートパフォーマンス

に与える影響. バイオメカニクス研究. 14, 12-19.

- Saavedra, J. M., García-Hermoso, A., Escalante, Y., Dominguez, A. M., Arellano, R., & Navarro, F. (2014) Relationship between exchange block time in swim starts and final performance in relay races in international championships. *Journal of sports sciences*, 32(19), 1783-1789.
- 武田剛, 市川浩, 杉本誠二, 三輪飛寛, 椿本昇三, 野村武夫 (2007) 競泳クラブスタートの跳び出し角度に影響を与える動力学的要因. *バイオメカニクス研究*. 11:183-197.
- 武田剛, 市川浩, 杉本誠二, 野村武男 (2006) 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.
- Takeda, T., Takagi, H., & Tsubakimoto, S (2010) Comparison among three types of relay starts in competitive. *Biomechanics and medicine in swimming XI*. 170-172.
- Taladriz, S., de la Fuente-Caynzos, B., & Arellano, R. (2016) Analysis of angular momentum effect on swimming kick-start performance. *Journal of biomechanics*, 49(9), 1789-1793
- 土江寛裕 (2008) スタートに最適な加速姿勢を習得する. *陸上競技マガジン*, 58 (10):206.
- 若吉浩二, 劉華, 森弘暢, 福本隆行, 小野桂市 (2001) 日本選手権における競泳100m自由形レースにおける泳速度とストローク変数の変化に関する研究. *スポーツ方法学研究*. 14: 31-40, 2001.