

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500543

研究課題名(和文) 先進的な競泳のスタート・スキルの提案

研究課題名(英文) Suggestion of advanced start skill in competitive swimming

研究代表者

野村 照夫(NOMURA TERUO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：60189438

研究成果の概要(和文)：先進的な競泳のスタート・スキルを提案することを主目的とした。スタート動作及び力発揮を検討した結果、バックプレート付きのスタート台での構えは、前傾をやや大きくすることが提案された。バックプレート条件の後方脚の水平方向推力は大きく、水平方向加速に適していることが示された。また、入水時の方向変換の時定数は0.3秒程度で、水平速度低下量と正の関係にあった。したがって、大きな水平速度で浅い直線的な入水によって、速度低下を抑制できると提案された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this investigation was suggestion of advanced start skill in competitive swimming. It was proposed that the posture on the starting platform with the back plate was more inclining forward than that on the flat platform as results of kinematically and kinetically examining. Because horizontal thrust of a rear leg was large in the backing plate condition, it was shown that the back plate was suitable for horizontal acceleration. The time constant (TC) of the direction conversion after the entry was about 0.3 seconds. It was positive relation between TC and an amount of the horizontal speed decrease. Therefore, it was proposed that large horizontal speed and shallow and straight entry control the velocity loss.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：生物・生体工学、スポーツ科学、水泳

1. 研究開始当初の背景

これまで著者は20年間にわたり競泳の日本選手権のレース分析、水泳競技の科学サポートに関する研究に取り組んできた。レース分析法の確立、ビデオを利用した映像のフィードバックの工夫などにより競技や選手の現状を分析し、データを還元することの重要性は、競技成績というアウトプットとして示

されてきた。さらに国際競技力向上のアウトカムを大きくすることは、国家的課題である。運動制御に関わる知見や他のスポーツ競技の研究知見を基に先進的な水泳競技のスキルを提案するフィード・フォワードが課題のブレイク・スルーに繋がるものと考えられる。

国際水連による2007年の世界ランキング50傑(2007年10月現在)の4泳法合計で、

男子は日本人が100m種目に17名、200m種目に27名がランクインし、さらに50m自由形では48位に1名という現状であることから、わが国の競泳における短距離種目の国際競技力が充分高いとはいえない。したがって、短距離種目の強化が一つの課題である。

水泳は陸上競技と異なり、スタート時の移動スピードが競技中でもっとも速い。アテネオリンピックにおける競泳の決勝進出者の平均身長は、約188cmであった。したがって、日本人に体格的優位があるとはいえない。トレーニングやタレント発掘による体格・体力の向上は勿論だが、スタートのスキル向上も短距離種目の国際競技力向上の重要な要因である。

競泳のスタート・スキルは、スタート台上での適切な構えと動作により、離台までに短い時間で大きな水平方向速度を得ること、離台後の減速を抑えるための姿勢作り、水中での脚の動作による推進力の発揮などが重要な要素である。Bonnar(2001)によるとスタート台から9.5mに到達するパフォーマンスは、入水から9.5mまでの所要時間で96%が説明されるとしている。これは、離台後の減速抑制要素と水中での推進要素の詳細な研究の必要性を示している。一方、台上のスタンスの違いや重心位置の違いによる比較検討はVilas Boas et al. (2000)、Blanksby et al. (2002)、Kruger et al. (2003)など数多く行われているものの決定的に優位な方法は見出されていない。

2. 研究の目的

本研究では先進的な競泳のスタート・スキルを提案することを主目的とした。目的達成のために、(1) スタート台上で、短い時間で大きな水平方向速度を得るための構えと動作の検討、(2) スタート台上での構えと動作時の力発揮の検討、(3) 離台後の減速抑制のための姿勢の検討を下位問題として設定した。

何をどこまで明らかにしようとするのか

(1) スタート台上で短い時間で大きな水平方向速度を得るための構えと動作の検討

北京オリンピック後、競泳のスタート台の後方に陸上競技のスターティングブロックのようなバックプレートを付けることが国際水連によって認められた。先進的なスタートスキルを提案する一貫として、バックプレート付きスタート台が、スタート動作に及ぼす影響を検討する。

(2) スタート台上での構えと動作時の力発揮を検討するために床反力を左右の足別々に検出する3軸小型フォースプレートを内蔵したバックプレート付きスタート台を

開発し、トラックスタートの出力特性を明らかにする。

(3) 離台後の減速抑制の姿勢の検討

入水時の上肢と体幹により形成される切先形状の相違による減速の程度、水没時の上肢挙上動作と下肢打ち下ろし動作による水平方向への姿勢変換と減速の程度を水中カメラを用いて検討する。

これらの下位問題の検討から、先進的な競泳のスタート・スキルを提案する。

当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び意義

(1) 学術的な特色・独創的な点

先進的な競泳のスタート・スキルの提案は、先行随伴性姿勢調節や活動筋の相互抑制現象などの運動制御に関わる知見、陸上のクラウチングスタート、ラグビーのスクラムを組む姿勢、野球や全力歩き出しに見られるバックキックの研究知見に基づき、スタート台上で、離台までに短い時間で大きな水平方向速度を経験則に頼らず適切なスキルを見出そうとするところが新しい。また、離台後の減速抑制のための姿勢や水中で推進力を発揮する要素の検討では、船舶工学的知見や水中生物工学的知見を踏まえ、最適な動作様式を提案することが新たなスキルの創生につながる。基礎研究を実用レベルに発展させること、他分野や他のスポーツ種目の動作・挙動の知見を異なる運動場面に導入する学際性は、総合領域としてのスポーツ科学の学術的な特色である。これらの観点から競泳のスタート動作を研究した例はなく、独創性は高い。

(2) 本研究の意義

先進的な競泳のスタート・スキルの提案により、国際競技力が高まることが期待される。さらに、水平方向速度を強調し、水中で速やかに水平姿勢をとることは、スタートの事故防止の観点からも妥当であり、安全な指導法の確立にも寄与するものと推察される。また、前屈位からのヒトの運動開始時の挙動について明らかにする運動学的意義があり、アメリカンフットボールのラインや相撲の立会いにも応用できる汎用性が期待される。そして、高齢者や運動機能障害を有するヒトの動作改善の資料となる可能性も予見される。

3. 研究の方法

実験1：スタート台上で、短い時間で大きな水平方向速度を得るための構えと動作の検討。

対象：大学男子水泳選手10名

機器：スタート台 (YSDメカトロシステムズ製、台高0.75m、傾斜10度、バックプレート傾斜 台面から35度、バックプレート位置 台先端から0.44 m)、ビデオカメラ

(VICTOR 製 DU-102、Fps=60Hz、Shutter=250Hz)

試技：トラックスタートを従来型スタート台条件とバックプレート条件で3回ずつ実施した。

分析：NotePlayer (自作ソフト、WindowsAPI、VBA) を用いデジタイズおよび2次元 DLT 法による座標変換を行った。また、座標値にローパスフィルタ (BUTTERWORTH、Kinematics by Ito、6Hz) を適用した。キャリブレーションは17点行い水平(x)、垂直座標(y)とも実座標との相関は0.999で、最大誤差(x,y)=(3.4, 1.3)cmであった。

分析項目：構え姿勢における重心座標、膝関節角度、足関節角度、離台0.3秒前の重心加速方向、水平・垂直加速度成分、離台時の時間、重心投射方向、脚腰角、膝関節角度、足関節角度、重心投射速度、重心投射速度成分、離台後の指尖到達距離、平均水平速度。

実験2：スタート台上での構えと動作時の力発揮を検討

対象：水泳選手9名(男子6、女子3)

機器：スタート台(ツカサ電工製、傾斜10度)に防水型床反力計(テック技販製、TF-2050-W 3軸×2基×2500Hz)をクランプ固定し、プラットフォーム(SEIKO製、オフィシャル表面加工)にバックプレート(自作、傾斜30度)を台端から0.45mに設置した。ビデオカメラ(FAST-CAM PCI Photron製 Fps=250Hz)で、台上の映像を撮影した。スタート信号でキネティックデータとキネマティックデータを同期した。

試技：トラックスタートを従来型スタート台条件とバックプレート条件おとびグラブスタート条件で3回ずつ実施した。

分析：キネティックデータ処理は測定値にローパスフィルタ(BUTTERWORTH、Kinematics by Ito、6Hz)を適用した後、傾斜補正を適用した。

実験3：離台後の減速抑制のための姿勢の検討

対象：水泳選手9名(男子6、女子3)

機器：スタート台(ツカサ電工製、傾斜10度)の高さを調節し、プラットフォーム(SEIKO製、オフィシャル表面加工)にバックプレート(自作、傾斜30度)を台端から0.45mに設置した。ビデオカメラ(Canon製 Ex-F1 Fps=300Hz、VICTOR製 DU-102、Fps=60Hz)で、台上、空中、水中の映像を撮影した。

試技：トラックスタートを従来型スタート台条件とバックプレート条件おとびグラブスタート条件で3回ずつ実施した。水中カメラは指尖の着水から大転子の6m地点通過まで、デジタルビデオカメラはスター

トから指尖着水までを通過までを撮影した。なお、デジタルビデオカメラと水中カメラを同期させて録画した。

分析：スタート動作を2次元平面上で行っていると仮定し、被験者の指尖点および大転子を分析の対象とした。分析範囲は指尖着水時から大転子5m通過時までとした。映像はPCに取り込み、動作解析ソフト(Flame-DIASIV、DKH社製)を使用して、2次元DLT法によって被験者の観測点の実座標を算出した。さらに、実座標から速度データ(空中水平速度、水中水平速度、水平速度低下量)、着水時姿勢角、時系列鉛直座標変位の曲線近似による時定数(TC)を求めた。なお、TCは観測点の湾曲の程度を示し、TC値が大きいくほど直線的で、ゆるやかな曲線を描き、小さいほど急な反りを示す。

気泡の定量は、大転子着水時の水中画像をPickmap(フリーソフト)を使用して、身体と気泡を見分けることができる明度136を境に2値化し、白色のピクセル数を気泡量(pixel)とした。なお、画像全体のピクセル数は345600pixelであった。

4. 研究成果

(1) バックプレート付きスタート台が競泳のスタート動作に及ぼす影響について検討した結果、バックプレート条件で、ブロック時間は約0.02秒の短縮で大きいとは言えなかった。構え姿勢においては、バックプレート条件の重心位置が従来型条件にくらべ、約5cm前方に位置していた。また、バックプレート条件の膝関節角度は、前後それぞれ $140.1 \pm 5.7^\circ$ 、 $84.3 \pm 11.3^\circ$ で、従来型条件($145.5 \pm 8.0^\circ$ 、 $97.1 \pm 11.4^\circ$)より屈曲位であった。離台0.3秒前の加速方向は、バックプレート条件が $-6.7 \pm 4.4^\circ$ で従来型条件($-8.2 \pm 4.3^\circ$)より水平に近かった。離台時の重心速度ベクトルの大きさには明らかな差は見られなかったが、鉛直方向成分では、バックプレート条件の -0.65m/s で、従来型条件の -0.81m/s にくらべ有意に下向きの運動が抑制された($p < 0.05$)。したがって、競泳のスタートにおけるバックプレート付きスタート台は、離台方向を水平方向に近づける作用を持つと推察された。しかし、本実験の被験者は、バックプレート付きスタート台に対応するスキルが十分に身につけていないため、離台時には有意な差がほぼ消滅した。重心位置が従来型より約5cm前方に移動し、スタート台前縁より20cm後方にあることから、後方の膝関節を90-120度の範囲に伸ばし、身体の前傾をやや大きくすることが提案された。

したがって、バックプレート付きスタート台でのスタートは、体重をやや前に向けた構えから、短い時間で身体を前方に加速して大

大きな水平速度を得ることが重要であると言える。

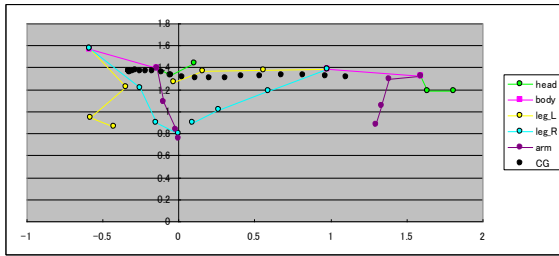


図1 従来型プラットフォームでのトラックスタート

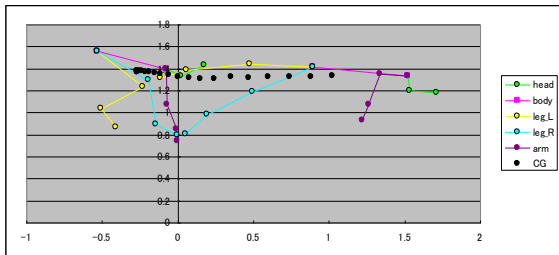


図2 バックプレート付きスタート台でのトラックスタート

(2) スタート台上で、短い時間で大きな水平方向速度を得るための構えと動作を検討するために床反力を左右の足別々に検出する3軸小型フォースプレートを内蔵したバックプレート付きスタート台を開発した。

プラットフォーム表面に公認スタート台相当の加工を施し、使用感と安全性を考慮し極低頭ネジを使用して固定した。これらを基盤に固定し、既存のスタート台にクランプ固定した。その結果、良好に左右分離した3軸床反力を導出できた。課題として、スタート台前縁を握りスタート台に加えられる上肢の力の分離が残された。

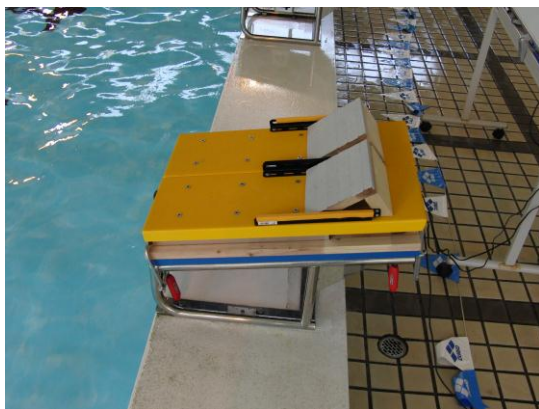


図3 床反力計内蔵スタート台

離台時には明らかな差が認められな

ったが、バックプレート条件は従来型条件に比べ、前方脚の有意な水平方向抗力 (20 ± 11 Ns と 15 ± 9 Ns, $p < 0.05$) が認められた。また、バックプレート条件の後方脚の水平方向推力は有意に大きく (191 ± 46 Ns と 165 ± 45 Ns, $p < 0.01$)、鉛直方向推力は小さい傾向にあった (217 ± 59 Ns と 276 ± 82 Ns, $p < 0.05$)。したがって、競泳スタート台のバックプレートは、水平方向に身体を加速するのに適し、前方脚により多く加重した構えによって、後方脚は水平方向に推力を発揮しやすくなることが示唆された。

(3) 離台後の減速抑制のための姿勢を検討するために体のまわりの気泡量を評価した。

空中水平速度と気泡量の間には有意な正の相関関係 ($r = 0.498$, $p < 0.05$) が認められた。また、着水時姿勢角と気泡量の間には有意な負の相関関係 ($r = -0.625$, $p < 0.01$) が認められた。このことから、空中水平速度が高い場合や着水時姿勢角が小さい場合、より多くの気泡が発生することが明らかとなった。

水平速度低下量と気泡量の間には、関連性は認められなかった。映像を確認すると、気泡が身体の下方に少ない試技がみられた。つまり、入水時の気泡発生を増加させるのではなく、身体が気泡に覆われるように入水できれば、速度低下量を小さくできる可能性がある。

気泡量と水平速度低下には明らかな関係は認められなかったが、大転子の方向変換の強さを示す軌跡の時定数は0.3秒程度であり、この時定数と水平速度低下量に正の相関が認められた。したがって、大きな水平速度で浅い着水角の入水を果たし、腰や脚が沈み過ぎないように姿勢制御によって、気泡中を進み、速度低下を抑制できるものと考えられる。

以上のことから、着水前に高い水平速度を得て、水面に対して鋭角で入水し、着水後は、臀部から足先が深く潜り過ぎないように、身体の推進方向を素早く前方へ向ける。その結果、身体全体が気泡に覆われ、水平速度低下量を小さくできると考えられる。

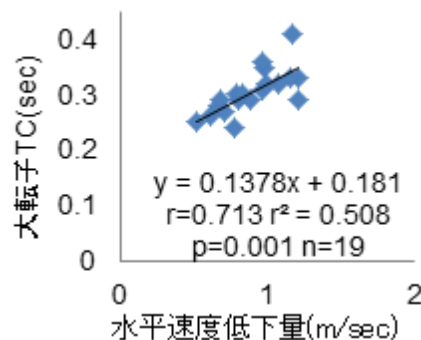


図4 時定数と速度低下の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Nomura, T., Takeda, T., Takagi, H. (2010), Influences of the Back Plate on Competitive Swimming Starting Motion in Particular Projection Skill. Biomechanics and Medicine in Swimming, 査読あり, 11:135-137.
- ② 野村照夫、立正伸、赤井聡文、谷川哲朗(2010)、加盟団体との連携サポート:スタートを中心に。平成 21 年度「ジュニア水泳の育成に関わる科学支援事業」報告書、査読なし、pp. 8-12.
- ③ 野村照夫(2009)、団体との連携サポート:スタートの観点。平成 20 年度「ジュニア水泳の育成に関わる科学支援事業」報告書、査読なし、pp. 12-16.

[学会発表] (計 2 件)

- ① 谷川哲朗、来田宣幸、野村照夫(2010)、気泡はスタート技術を向上させるか? 日本体育学会第 61 回大会、2010. 9. 8、中京大学
- ② 野村照夫、赤井聡文、谷川哲朗、来田宣幸(2009)、バックプレート付きスタート台が競泳のスタート動作に及ぼす影響。日本体育学会第 60 回大会、2009. 8. 26、広島大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野村 照夫 (NOMURA TERUO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授
研究者番号: 60189438

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: