

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500728

研究課題名(和文) 先進的な競泳のターン・スキルの提案

研究課題名(英文) Suggestion in advanced turn skill for competitive swimming

研究代表者

野村 照夫 (Nomura, Teruo)

京都工芸繊維大学・工学科学研究科・教授

研究者番号：60189438

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,400,000円、(間接経費) 1,320,000円

研究成果の概要(和文)：先進的な競泳のターン・スキルを提案することを目的とした。ストリームライン姿勢とグライド速度の計測、クイック・ターンで回転期の頭の軌跡を楕円に近似、タッチ・ターンで回転期の頭の軌跡の水面からの高さ計測を実施した。そして次の結果を得た；1) 肩甲帯の可動性により肩を引き上げ、三角筋を耳につけたストリーム・ライン姿勢のグライド速度が高かった。2) クイック・ターン回転期における頭の楕円軌跡は長軸が浅い角度で傾き、短軸が短い状態でターン・パフォーマンスが高かった。3) タッチ・ターン回転期における頭の軌跡は、水面に近い方がとその時間が短かった。これらの要素が先進的な競泳のターン・スキルとして提案された。

研究成果の概要(英文)：It was aimed for suggestion in some advanced turn skills. A stream-line posture and glide speed were measured. As for the trajectory of the head during the rotation phase in the quick turn, it was similar to an oval. The head height from the water surface was measured during the rotation phase in the open-turn movement. Results were obtained as follows; 1) The stream line posture that raised shoulders by the mobility of the shoulder girdle, and that put the deltoid muscles on the ears, tended to be high in glide speed. 2) In the tumble-turn, if the oval trajectory of a head during the rotation phase had shallow slope of the major axis and short minor axis, a turn performance tended to be high. 3) In the open-turn, if the trajectory of head was near to the surface of the water, the time required was short for the rotation phase. These were suggested as factors of an advanced turn skill for competitive swimming.

研究分野：総合領域

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：水泳 ターン スキル

## 1. 研究開始当初の背景

応募者はこれまで 20 年以上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る競技や選手の現状分析がその内容である。それらを通して、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。これまでにスタート・スキルについては、すでに検討し、提案したので、ターン・スキルについて発展させたい。

世界水泳選手権大会(2009)における男子 100 m自由形決勝において、7 名の平均で、トップからの差は、競技記録では 0.56 秒程度見られ、スタートの 15mでは 0.27 秒程度、ターンの 15mでは 0.17 秒程度見られた。したがって、全体の差のうちスタートが半分程、ターンが 3 割程占めると総括される。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、ターン・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といえる。

競泳のターンは、体格と動作の影響を受ける。体格は、体長が長いほどターン動作を手前から開始できるが、回転時には体を折りたたまなければならない。また、離壁後に水の抵抗による減速を軽減するために、小さな断面積やストリーム・ライン姿勢が必要となる。Thanopoulos et al.(2006)は、短距離選手の泳速度と体格の関連を検討し、体幹が長方形、胸が扁平、筋量が多い場合、短距離泳速度が大きいことを報告した。これは、水中での高速移動に体格が関与することを示唆している。一方、動作は壁に向かうアプローチ期、回転期、着壁期、グライド期、ストローク準備期に分けて考えられる(Lyttle, 2008)。ターン前の泳速を維持して回転に入り、離壁までに短い時間で大きな水平方向速度を得ること、離壁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。着壁時の壁から大転子の距離を脚長の比で表わした Tuck Index を回転の評価尺度(Blanksby 1996)とすると、74% > 63% > 57%の順に力積が大きい(Smith, 2008)と報告されている。このタックから壁を蹴ることに関わる大腿直筋と大腿二頭筋は、膝関節と股関節にまたがる二関節筋で、中間位で伸展位よりも強い力を出せる。しかし、両方の筋活動が同時に起こると相互抑制現象が起こるので、パフォーマンスが低下する。したがって、関節まわりのモーメントアームの長さを指標に筋活動のタイミングを検討しなければならない(山下ら 2007)。

離壁後の減速傾向を Takahashi et al.(1983)は、時間に対する双曲線関数で近似した。また、谷川ら(2010)は指数関数近似した。一方、ターン後半の推進要素の詳細な研究は明確なものが見当たらないが、関数近似の可能性は予見される。

## 2. 研究の目的

競泳のターンを体格と動作の立場から検討し、先進的なターン・スキルの提案を主目的とする。そのために次の 3 つの下位問題を設定する：1) ストリーム・ライン姿勢と水中牽引抵抗の関係の検討と提案、2) クイック・ターン動作の検討と提案、3) タッチ・ターン動作の検討と提案。

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか

1) 小型 3 次元ボディ・スキャンの信頼性を検討し、計測上の工夫を加える。

ストリーム・ライン姿勢とグライド速度の関係の検討と提案に関しては、ストリーム・ライン姿勢を 3 次元ボディ・スキャンすることにより、身体各部の長さ、断面積、アライメントに関する計測を行う。肩甲骨の挙上条件による相違を検討し、ターンの中で最も所要時間の長いグライドからストロークの準備にかけての最適な基本姿勢を明らかにする。

2) クイック・ターン動作の検討と提案

水中ビデオ映像の動作分析により、クイック・ターンのアプローチ期、回転期、着壁期、グライド期、ストローク準備期の動作を検討し、動作の無駄を省く提案をする。また、回転期の頭の軌跡を楕円近似し、最適条件を明らかにすることにより、先進的なクイック・ターンを提案する。

3) タッチ・ターン動作の検討と提案

ビデオ映像の動作分析により、タッチ・ターンの回転期の動作を検討し、動作の無駄を省く提案をする。また、適切な回転軌跡を明らかにすることにより、先進的なタッチ・ターンを提案する。

当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

1) 学術的な特色・独創的な点

先進的な競泳のターン・スキルの提案は、ストリーム・ライン姿勢の姿勢制御や二関節筋の相互抑制現象の運動制御に関わる知見に基づき、デクステリティ(経験則)に頼らず、適切なスキルを見出そうとするとところが新しい。また、離壁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ターン動作を研究する独創

性は高い。

## 2) 予想される結果と意義

) ストリーム・ライン姿勢において、肩甲骨の挙上や体幹の引き締めにより、断面積の減少や揺らぎの減少を生じ、受動抵抗を軽減する可能性が予想され、離壁後の水平方向速度の低下を軽減するものと予想される。

) クイック・ターンにおける回転は、緊張性頸反射を利用し、あごを引きながら回転を始め、四肢を屈めながら回転する。膝関節を120度屈曲位で着壁し、膝関節を固定したまま股関節伸展により、上半身はストリーム・ライン姿勢をつくる。その後膝関節を伸展することで、股関節伸展に参与する筋の貢献を高め、運動初期の相互抑制現象を抑えることができるものと予想される。

) 顔を上げないタッチ・ターンは、下半身の速やかな回転が必要で、矢状軸まわりの回転で、水の抵抗が軽減できると考えられる。これらの先進的な競泳のターン・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。

また、ヒトの回転と並進の挙動について明らかにする運動学的意義があり、方向変換走や方向変換ジャンプにも応用できる汎用性が期待される。

## 3. 研究の方法

先進的な競泳のターン・スキルを提案するために3つの実験を計画した。1) 肩甲骨の挙上と三角筋を耳につけるストリーム・ライン姿勢とグライド速度の関係を検討するために、ポータブル3Dスキャナで全身をスキャンし、身体各部の長さ、断面積、アラインメントに関する計測を行った。2) クイック・ターン動作を2台のカメラで撮影し、アプローチ、回転、着壁、グライド、ストロークの準備について2次元DLT法により動作分析を行った。回転期の頭の軌跡を楕円近似し、楕円の傾きや楕円率を検討した。3) タッチ・ターン動作をクイック・ターンと同様に撮影し、回転期の水面上の頭の高さを計測し、その所要時間を計測した。

## 4. 研究成果

1) 水泳におけるストリームラインは、けのび距離や牽引抵抗によってパフォーマンスとして評価されてきたが、これらに参与する姿勢の要素が十分に検討されたとは言えない。精度の高い3Dスキャナは大型で指導現場に持ち込むのに適さなかった。そこで、本研究では、小型3Dスキャナによる計測の信頼性を検討することを目的とした。方法：3Dスキャナ Artec MHT (データ・デザイン社) にてポールおよびマネキンをスキャンし、マルチン棹状計による実測値と比較した。結果：ポールの直径について、実測値 22.8cm の直径に対し 3D ポリゴン上の3点の計測値は  $22.1 \pm 0.3$  cm であった。実測値から計算される断面積  $408.3 \text{ cm}^2$  に対し、3D ポリゴン上の断面積は  $392.8 \text{ cm}^2$  であった。マネキン

の上半身の実測値 17 点と 3D ポリゴン上の計測値の相関は 0.999 で回帰式は  $y=0.994x+0.40$  cm であった。考察：小型 3D スキャナによる計測の信頼性が確認された。ただし、精度を高めるために参照点貼付が必要である。これらを踏まえ、計測方法を工夫・実施した結果、肩甲骨の可動性により肩を引き上げ、三角筋を耳につけたストリーム・ライン姿勢のグライド速度が高かった。

2) 競泳におけるフリップターンの回転軌跡に楕円モデルを適用し、ターン技能を検討することを目的とした。地域強化指定レベルの水泳選手 15 名を対象とし、フリップターン後 15m 地点まで泳がせ、水中・陸上のビデオ撮影を側方より行った。2次元 DLT 法により身体各部の座標を求め、頭部回転軌跡に楕円モデルを適用した。楕円の傾き (SLP)、回転前半の楕円の長半径 (1stA)・短半径、回転後半の楕円の長半径・短径 (2ndB) を求めた。ターン技能は、フリップ水平速度 (1.5m-0.0m; FLV)、離壁水平速度 (1.5m-3m; DPV)、離壁後 15m 到達時間 (15T) 等を計測した。SLP ( $65.9 \pm 7.0$  deg) が水平に近いと 1stA ( $0.26 \pm 0.04$  m) が長く ( $r=-0.567$ ,  $p<0.05$ )、15T ( $7.72 \pm 0.36$  sec) が短い ( $r=0.795$ ,  $p<0.01$ ) 傾向が見られた。また、2ndB ( $0.22 \pm 0.18$  m) が小さいと FLV ( $1.17 \pm 0.08$  m/s) が大きい ( $r=-0.561$ ,  $p<0.05$ ) 傾向が見られた。従って、フリップターンは横長の弧を描き回転を始め、後半に弧を小さくすることで、ターン技能を向上させる可能性が示唆された。

3) タッチ・ターン回転期における頭の軌跡は、水面に近い方がとその時間が短かった。これらの要素が先進的な競泳のターン・スキルとして提案された。

## 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 1 件)

Nomura, T., Goya, T., and Tanigawa, T. (2014) Elliptic model for evaluation of tumble turn in swimming. Biomechanics and medicine in swimming 12: in print.

[学会発表](計 2 件)

野村照夫・谷川哲朗・渡邊泰典・小島理永・梅崎さゆり・来田宣幸 (2013) 競泳におけるフリップターンの楕円モデルによる検討。日本体育学会第 64 回大会、滋賀、立命館大。

野村照夫・来田宣幸・谷川哲朗・小島理永・長谷川弘実 (2012) 水泳におけるストリームラインを評価する基礎的研究-小型 3D スキャナの信頼性の検討-。日本体育学会第 63 回大会、神奈川、東海大。

[図書](計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

#### 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・工学科学研究科・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：