

氏名(本籍)	武 <sup>たけ</sup> 田 <sup>だ</sup> 剛 <sup>つよし</sup> (東京都)		
学位の種類	博士(体育科学)		
学位記番号	博甲第4799号		
学位授与年月日	平成20年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	競泳 Grab start の跳び出し角度がスタートパフォーマンスに与える影響		
主査	筑波大学教授	医学博士	野村武男
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	高木英樹
副査	筑波大学准教授	博士(学術)	藤井範久
副査	筑波大学教授	工学博士	松内一雄

## 論文の内容の要旨

### (目的)

競泳競技においてスタート局面とはスタートシグナルから15m通過までと定義され、この局面においてレース中に最も高い速度が達成される局面である。背泳ぎ以外の3泳法については陸上のスタート台からスタート動作を開始する。この台上動作の最適化を考える際、ブロック期においては短時間でスタート台から離台し、泳者の進行方向に対して高い速度を実現し、さらに抵抗の少ない空中で長い飛距離を獲得することが求められる。すなわち、スタート台上所要時間、離台時の身体重心速度ベクトルの大きさ(跳び出し速度)と向き(跳び出し角度)が重要なパラメーターとなる。跳び出し速度に関しては、その重要性は周知のものであるが、跳び出し角度に関して検討した研究はほとんど見当たらない。また水泳の指導書においても、力学的な根拠に基づいた適切な跳び出し角度の提示や、跳び出し角度の制御方法に関する記述はほとんど見当たらない。競泳競技において競技力向上を目指す研究では、スタート局面のパフォーマンスが最大となる跳び出し角度の最適値の導出が求められる。この値の導出には、跳び出し角度の制御に関わる力学的な因果関係を明らかにした上で、スタート局面へのパフォーマンスへの影響を考慮する必要がある。

したがって本研究は、現在一般的なスタート技術の一つである Grab start における跳び出し角度の制御に関わる Kinematics・Kinetics 的要因を明らかにすることと、さらに跳び出し角度の変化がスタートパフォーマンスに与える影響を明らかにすることを目的とした。

### (対象と方法)

本研究の目的を達成するために以下の研究課題を設定した。

#### 【研究課題1】

大学男子競泳選手12名を対象に、Grab start の跳び出し角度制御に関わる Kinematics 的要因を明らかにし、跳び出し角度変化に伴うパフォーマンスへの影響を検討する。

#### 【研究課題2】

大学男子競泳選手12名を対象に、Grab start の跳び出し角度制御に関わる Kinetics 的要因を明らかにする。

(結果)

研究課題1では、大学男子競泳選手12名に飛び出し角度を3段階に変化させた試技(通常通りの角度:NT, NTよりも高く跳ぶ:HT, NTよりも低く跳ぶ:LT)を実施してもらい、画像を用いた動作分析により試技中の泳者のKinematicsを調査した。各試技の飛び出し角度の被験者の平均値は、HT, NT, LTの順に有意に値が大きく、全ての被験者が飛び出し角度を3段階に変化させることが出来たことが確認された。

飛び出し角度は身体重心とスタート台先端を結ぶ線分が水平面となす角である身体角度の飛び出し時の値と有意な正の相関関係にあった。これにより飛び出し角度制御には身体の傾きが大きく関与することが明らかとなった。そして飛び出し角度の変化に伴うKinematicsの変化は、飛び出し角度の減少に伴って飛び出し速度の有意な増加、飛距離の有意な減少が示された。台上での所要時間と泳者の15m通過時間には有意差は認められなかった。

研究課題2では、大学男子競泳選手12名を対象に研究課題1と同様の試技を実施してもらい、試技の画像分析と地面反力測定を行いKinematicsとKineticsを調査した。そして、画像分析から得られた泳者の二次元実座標データと地面反力データと用いて、剛体リンクモデルによる逆動力学解析を行った。

HT, NTとLTにおける肩関節、股関節、膝関節と足関節トルクの変化パターンに顕著な差が見られなかった。飛び出し角度が小さくなるにつれて、関節伸展トルクを發揮するときの各セグメントの水平面に対する角度が小さくなり、関節伸展トルクによって生じるセグメント重心加速度の向きが下向きに転位していた。したがって、Grab startにおける飛び出し角度制御には、関節伸展トルクが發揮される時の各セグメントの傾きが関与していると考えられた。

関節伸展トルクによって下腿と体幹に生じる後方回転モーメントは、セグメント角度が0deg以上になると下位に位置する関節に対してセグメント重心を後方に加速させる。したがって、Grab startにおいて、下腿と体幹のセグメント角度が0degを超えて大きくなるように飛び出し角度を大きくすることはスタートパフォーマンスにとって好ましくないことが明らかとなった。

膝関節においてSSC(伸張-短縮サイクル:Stretch-Shortening-Cycle)の効果的な利用により膝関節トルクの最大値が大きくなる傾向が示された。この傾向はHTの試技において顕著に見られたが、2名の被験者がLTにおいてもSSCの効果的な利用が見られたため、飛び出し角度に依存しないSSCの効果的な利用の可能性が示唆された。

(考察)

研究課題1と2から得られた知見を踏まえ、飛び出し角度がスタートパフォーマンスへ与える影響をまとめる。

競泳スタートの入水までのパフォーマンスを考えると、飛び出し水平速度、飛距離、入水速度と入水角度が重要なパラメータとなる。飛び出し角度変化に伴う飛距離の変化については、飛び出し角度変化によっても飛び出し速度が一定で、飛び出し初期位置が水面と同じ高さであれば、飛び出し角度が45degで飛距離が最大となる。しかし、競泳のスタート台上動作は水面から約70cmの高さのスタート台から飛び出す、本研究の結果から、飛び出し角度減少に伴って飛び出し速度が増加し、飛び出し角度と身体角度との関係から飛び出し角度変化に伴い初期位置も変化することが明らかとなった。そこで飛び出し後の泳者の身体重心の軌跡を質点の投射運動の式と本研究のデータから求めた飛び出し角度と飛び出し速度、飛び出し角度と飛び出し時の身体角度の線形回帰式を用いて、飛び出し角度変化に伴う飛び出し水平速度、飛距離、入水速度と角度を算出した。

この計算結果によると、飛距離が最大となる飛び出し角度は約11.8deg付近であった。そして、飛び出し水平速度は、飛び出し角度が約-18.7deg付近で最大となった。入水水平速度は空気抵抗の影響が極めて小さいことから飛び出し水平速度とほぼ同等の値を示し、入水角度がパフォーマンスに与える影響は、いまだ

明らかになっていない。このため本研究の結果から入水角度について検討すること出来ない。飛び出し角度変化に伴う飛び出し水平速度と飛距離の変化の両変数の極大値範囲（飛び出し角度 11.8 ～ - 18.7deg）の中央値は約 - 3.5deg を示したため、この値がスタートパフォーマンスにとって程度の妥当性を有した飛び出し角度であると考えられた。

本研究で得られた知見をまとめると以下の通りである。

- (1) 飛び出し角度は蹴り出し動作を行う際の身体の傾きによって決まる。
- (2) 飛び出し角度が減少するにつれて飛び出し速度が増加する。
- (3) 入水までのスタートパフォーマンスにとって適切な飛び出し角度は約 0deg 付近に存在する。

これらの知見は、スタートパフォーマンスにとって最適な飛び出し角度の値を導出するための重要な基礎資料となる。さらには、Grab start のスタートパフォーマンスにおける飛び出し角度の重要性を明らかにし、この飛び出し角度制御に関わる Kinematics・Kinetics 的要因を明らかにすることが出来た。これらの知見は Grab start の効果的指導法の確立にも大いに貢献するものである。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

学位論文審査委員会において審査委員全員出席のもとに最終試験を行い、論文について説明をもとめ、関連事項について質疑応答を行った結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。