

氏名	川合 英介
学位の種類	博士（健康スポーツ科学）
学位記番号	博甲第 9149 号
学位授与年月	平成 31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	水球競技選手における巻き足動作時の足部流体力 に関する研究

主査	筑波大学教授	博士（工学）	高木 英樹
副査	筑波大学教授	博士（体育科学）	本間 三和子
副査	筑波大学助教	博士（コーチング学）	洪 性賛
副査	筑波大学教授	博士（工学）	浅井 武

論文の内容の要旨

川合英介氏の博士論文は、水球競技で多用される巻き足動作に着目し、これまで困難とされてきた巻き足動作中に足部で発揮される流体力を計測する方法論を確立し、巻き足動作時の流体力発生メカニズムや流体力を増大させるための要因を明らかにすることを目的としたものである。その要旨は以下のとおりである。

（要旨）

第1章から3章において、著者は本論文の研究背景として、水球競技において用いられる立ち泳ぎ技術の一つである巻き足動作に着目し、先行文献における結果を参照しながら、これまでに明らかにされた事象と未だ明らかにされていない課題について論点を整理している。特に著者が解決すべき課題として上げたのが、水中という陸上とは異なる環境において実施される巻き足動作に関して、従来の分析方法では、動作に随伴して加減速する水の付加質量や渦や流れの乱れに起因する非定常力が考慮されておらず、巻き足動作中に発揮される正味の力を正確に評価できていない点をあげている。よって本論文全体の目的は、巻き足動作中に流体に対して作用させた力（流体力）を定量する新たな方法論を確立し、その方法論を用いて、流体力の発生メカニズムや流体力を増大させるための動作的要因を明らかにすることであると述べている。

第4章において、著者は巻き足動作中の足部で発揮された流体力を定量するために、平泳ぎで既に検証済みの圧力分布計測法を巻き足に応用し、その妥当性と再現性を検証する実験を行っている。実験では、大学男子水球選手12名を対象として、左足部の足底および足背に4個ずつ小型防水圧力センサを貼付し、経時的に圧力分布を計測している。その際対象者は、0 kg～6 kgの計4段階の重りを段階的に

課せられながら、水中で一定の身体高を保ちながら巻き足動作を行っていた。分析の結果、段階的に負荷された鉛直下向きの正味の力と圧力分布計測法から推定された足部流体力の間に関係が極めて高い正の線形関係が認められ ($n = 12$, r : 最小 0.96~最大 1.00, p : 最小 < 0.001~最大 0.04), 決定係数も非常に高い値を示した (r^2 : 最小 0.91~最大 1.00) ことから、圧力分布分析による流体力推定法を巻き足に応用することの妥当性が確認されたとしている。さらに、5名の対象者に関しては、0 kg 負荷条件での再試験を行い再現性の評価も実施したところ、非常に高い一致度が示され ($r = 0.99$), 方法論の再現性も確認されたとしている。

第5章において、著者は巻き足動作時の推進力発揮メカニズムを明らかにするために、前章で検証した圧力分布計測法による流体力推定とモーションキャプチャカメラを用いた水中動作分析を併用して、巻き足における推進力と動作との関連を調査している。その結果、巻き足動作によって推進力のピークが観察された時、推進力増大の要因となる足底・足背間の圧力差については、足底の圧力値が増加するというよりもむしろ、足背の圧力値が低下することで圧力差が増大していることが明らかにされた。また、足部の運動学的データと照らし合わせると、推進力のピークは、足部の速度のピークが過ぎた後に遅れて出現しており、さらに足部の加速度との関連で見ると、推進力のピークは足部のピークとは大きくずれ、足部が減速するタイミングで現れたとしている。これらの結果より、巻き足動作中に発揮される推進力は、従来からある準定常解析理論や運動学的解釈では説明できず、巻き足動作における新たな推進力メカニズムの一端が明らかになったと述べている。

第6章では、巻き足動作の優劣と推進力発揮との関連を明らかにするために、2種類のパフォーマンステストを実施し、これらのテスト結果から巻き足動作に関する熟練者と未熟練者、各1名ずつを選抜し、動作の特徴と推進力発揮動態との関連を検証している。その結果、優れた巻き足パフォーマンスを有する選手は、パフォーマンスが劣っている選手と比較して、動作全体にわたって左右の足部で大きな推進力を発揮しており、蹴り下ろしの後半で見られるピーク大きな一峰性を示したとしている。また、優れた巻き足パフォーマンスを有する選手は、比較的大きな足部の迎角(約 30°)を保ちながら、流れを第1趾側面からより流入させるように蹴り下ろして、第1趾付近で大きな圧力差を生み出し、それを推進に上手く利用している可能性が示唆されたとしている。

終章では以上の分析結果や考察を踏まえ、筆者は本論文について、水の非定常性の影響を考慮して巻き足中の推進力の変化を経時的に推定した初めての研究であり、得られた知見は、巻き足動作による推進力発揮メカニズムの解明に大いに貢献すると共に、指導現場においても巻き足パフォーマンス向上に資する有益な情報を提示できたものと結論づけている。

審査の結果の要旨

(批評)

本研究は、従来の方法では正確に推定することが困難とされてきた巻き足動作中の足部で発揮される流体力に関して、圧力分布計測法を巻き足動作に応用することで、精度良く推定できる方法論を確立できたということで極めて新規性が高い。また新たな方法論を用いることで、巻き足動作中の推進力発揮メカニズムに関しても、流れが定常状態であることを前提とした従来の理論では解釈できない現象が初めて確認されるなど、学術的にも高く評価できる。さらに、如何にして巻き足動作による推進力を高めるかについて、推進力発揮メカニズムと関連させて、どうすれば足部の圧力差を増大させられるのか、具体的な動作にも言及し、指導現場に対して有益な情報を提供している点も評価でき、博士論文として優れた内容を有している。

平成31年2月13日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士(健康スポーツ科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。