

氏名	角川 隆明		
学位の種類	博士（体育科学）		
学位記番号	博乙第 2755 号		
学位授与年月	平成 27年 5月 31日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	圧力分布計測を用いた平泳ぎキック動作中の足部流体力推定法の確立		
主査	筑波大学教授	博士（学術）	藤井 範久
副査	筑波大学教授	博士（工学）	高木 英樹
副査	筑波大学教授	博士（工学）	浅井 武
副査	筑波大学准教授	博士（工学）	小池 関也

### 論文の内容の要旨

本論文では、平泳ぎにおいて重要とされるキック動作によって生じる流体力を評価するため、(1) 圧力分布計測を用いた平泳ぎキック動作中の足部に働く流体力推定法の妥当性を検証し、推定した流体力と泳パフォーマンスとの関係を明らかにすること (2) 平泳ぎキック動作中の足部周りの圧力分布と流体力の関係を明らかにし、流体力が増大する際の圧力分布の特徴を明らかにすること (3) 平泳ぎキック動作中の足部に働く流体力推定法の競技場面やトレーニング場面での有用性を検証し、技能向上のための指針を得ることの3点を目的とした。これらの目的を達成するため、本研究では3つの研究課題を設定した。

研究課題1では、シミュレーションを用いた研究やロボット、実際の泳者を対象とした検証実験により、圧力分布計測を用いた平泳ぎキック動作中の足部に働く流体力の推定法を構築することを目的とした。研究課題1-1ではシミュレーションモデルを用いて平泳ぎキック動作中の下肢に働く流体力を算出し、圧力抗力成分と摩擦抗力成分の割合や下肢の各部位に働く流体力の割合を明らかにした。その結果、大腿部や下腿部と比較して足部に大きな流体力が働くことが明らかとなった。また、足部に働く流体力の圧力抗力成分は摩擦抗力成分と比較して高く、足部表面の圧力分布を精度よく計測できれば、足部に働く流体力の特徴を明らかにできることが示唆された。研究課題1-2では泳動作の再現が可能なロボットを用いて足部表面の圧力分布から推定した平泳ぎキック動作中に働く流体力の妥当性を検証した。その結果、圧力分布から推定した足部模型に働く流体力と、実

## 審査様式 2 - 2

測した足部模型に働く流体力との間に有意な相関関係が認められ、推定した流体力の妥当性が確認された。しかしながら、圧力分布から推定した流体力は足部模型に働く流体力を過小評価している可能性が示された。研究課題 1-3 では、実際の泳者を対象とし、推定した足部に働く流体力と平泳ぎの泳パフォーマンスとの関係を調査した。その結果、足部の圧力分布から推定した流体力の合力や推進方向成分と、平泳ぎの泳パフォーマンスの間に有意な相関関係が認められ、実際の泳者を対象とした場合においても本方法論によって推定した流体力の妥当性が示された。これらのことから、本分析方法によって推定した流体力の妥当性が確認され、泳動作の評価に応用できることが確認された。

研究課題 2 では、泳技能の異なる泳者を対象として平泳ぎキック動作中の足部周りの圧力分布と流体力の分析を行い、足部に働く流体力と圧力分布の関係や、流体力が増大する際の圧力分布の特徴を明らかにすることを目的とした。その結果、平泳ぎのキック動作では、足背の圧力が著しく低下して足底との圧力差が増大し、足部に働く流体力が増大することが初めて確認された。流体中の物体表面の圧力は速い流れが発生すると低下することから、平泳ぎのキック動作においても足部周りに渦といった非定常な速い流れが発生し、キック動作によって発揮される推進力に関与していることが示唆された。さらに、技能差の小さな泳者間であっても、足部に働く流体力や足部表面の圧力値の変動には差異が見られ、泳技能の低い泳者のキック動作では、足背の圧力低下が小さいことが明らかとなった。

研究課題 3 では、研究課題 1 および 2 で構築した方法論を用い、競泳選手を対象とした足部流体力の横断的評価と縦断的評価を実施し、方法論の有用性を確認するとともに、実際の競技場面やトレーニング場面に応用する際の指針や平泳ぎキック動作の技能向上のための指針を得ることを目的とした。その結果、本方法論により、従来のキネマティック分析だけでは明らかにできない熟練した平泳ぎの泳技能を有する泳者間の差を定量的に評価することができた。さらに、各泳者の流体力を比較すると、流体力の大きさだけでなく、変動のパターンや足部の各部位に働く流体力の特徴には違いが見られた。また、縦断的研究では 1 名の泳者を対象とし、シーズンを通して 4 回の試技を実施した。その結果、トレーニング進行に伴って変化する流体力の特徴や、競技会での泳パフォーマンスとの関係が明らかとなった。これらのことから、本研究にて構築した平泳ぎキック動作中の足部に働く流体力推定法を用いて実際の泳者の泳動作を評価できることが確認され、競技場面への有用性が示された。

以上のように、本研究では 3 つの研究課題を通し、圧力分布計測を用いた足部に働く流体力推定法の妥当性や有用性を検証した。その結果、推定した足部に働く流体力の妥当性が確認され、実際の泳者や競技場面での有用性が確認された。

## 審査の結果の要旨

(批評)

本論文では、圧力分布計測を用いた平泳ぎキック動作中の足部に働く流体力推定法の構築を試み、方法論の妥当性の検証および足部流体力発揮メカニズムの分析、競技場面への応用に取り組んだ。その結果、本分析方法の妥当性が確認され、実際の泳者の泳動作を定量的に評価できることが確認された。さらに、流体力発揮メカニズムの分析や横断的研究、縦断的研究により、平泳ぎキック動作によって生じる流体力を増大させるための示唆が得られた。このように本論文は、学術的意義と実用的意義を兼ね備えた優れた研究であると評価される。

平成 27 年 3 月 19 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った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

なお、学力の確認は、人間総合科学研究科学学位論文審査等実施細則第 11 条を適用し免除とした。よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。