

国士舘大学審査学位論文

「博士学位請求論文の内容の要旨及び審査結果の要旨」

水中運動の生体工学における力学的要因の総合的解析：

競泳パフォーマンスと推進技術に関する研究

兵頭 洋樹

氏名 兵頭 洋樹
学位の種類 博士(工学)
報告番号 甲第70号
学位授与年月日 令和6年3月20日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
学位論文題目 水中運動の生体工学における力学的要因の総合的解析：
競泳パフォーマンスと推進技術に関する研究
論文審査委員 (主任審査員) 教授 和田 匡史
(審査員) 教授 二川 佳央
(審査員) 教授 大浦 邦彦
(学外審査員) 教授 下山 好充 (新潟医療福祉大学)

博士論文の要旨

題目 水中運動の生体工学における力学的要因の総合的解析：
競泳パフォーマンスと推進技術に関する研究

氏名 兵頭 洋樹

学位論文要旨

研究科 工学研究科
専攻名 応用システム工学専攻
博士課程
氏名 兵頭 洋樹

1. 題目（外国語の場合は、和訳を併記する）

水中運動の生体工学における力学的要因の総合的解析：競泳パフォーマンスと推進技術に関する研究

2. 要旨（2000 字程度にまとめる）

本研究は、生体工学の手法を駆使し、先端科学技術の躍進を背景に開発された様々なデバイスを活用して、スポーツ科学の領域における貢献を深掘りすることを主眼に置いている。特に、スポーツバイオメカニクスに注目し、運動選手がスポーツ活動に従事する際に示す身体動作や技術の深層にわたる科学的探究を進めている。本研究において、生体計測技術の重要性は、運動選手の生体情報をリアルタイムで捕捉し、得られたデータを基にトレーニングプログラムや戦略を調整することで、選手のパフォーマンスを最大化し、安全性を確保し、戦術を洗練させる上で、スポーツ界において極めて顕著であることが強調されている。本論文では、モーションキャプチャシステムや筋電図といった最先端の計測機器を使用し、スポーツパフォーマンスの最適化と技術革新に向けた取り組みを展開している。これらの技術の進歩は、スポーツ分野での競技力向上だけでなく、医療診断、治療、健康管理、研究領域における生体計測の精度と効率の向上を促進し、結果として、人々の健康と生活の質を大きく向上させる貢献をしている。

具体的には、この研究は水中運動、中でも競泳の生体工学的側面に特化して焦点を当てている。水中での運動は、陸上とは全く異なる物理的条件の下で行われるため、浮力、水の密度、圧力、熱伝導率など、多くの特有の要因を考慮する必要がある。競泳においては、特定の距離を最小限の時間で泳ぎきることが目指され、この目標達成において、力学的要素が極めて重要な役割を果たしている。本研究においては、泳速度に影響を及ぼすスタート動作を 3 次元的に分析し、キックスタート時の上肢動作の有無が離台時の身体の移動速度にどのように作用するかを 3 次元動作分析技術を駆使して明らかにしている。この分析から、上肢動作が離台時の推進方向および鉛直方向に影響を与え、飛び出し角度の調整において重要な役割を果たしていることが判明した。今後の研究においては、筋活動を含むより詳細なスタート動作の分析や、入水時の水しぶきを含むさらなる探求が必要とされる。

さらに、本研究では泳ぎのタイムと密接に関連するストロークに関しても深い研究を行ってい

る。短距離クロール泳における泳速度と肩及び腰のローテーション動作との関係を解明し、泳距離に応じたストローク技術や、ストロークに関連する体幹部動作についても詳細に論じ、泳速度に適したフォームの開発が必要であることを示唆している。この研究では、体幹部の捻転動作についても詳細に調査し、肩と腰のローテーション動作とそれに伴う体幹部の捻転動作を新たな視点から分析し、これまでにない精度での体幹ローテーションの解析を実現している。体幹ローテーション研究においては、これまで計測が難しかった水中動作の精度を向上させるために、光学技術やカメラの配置、分析手法についても新たな提案をしており、これにより従来以上に高精度な計測を可能にしている。

この研究はさらに、体幹捻転動作によって生じる体幹筋群の伸長-短縮サイクル、いわゆる SSC 運動を支える体幹部筋群の筋活動についても探求しており、トレーニング方法の改善や運動メカニズムのさらなる解明を目指している。クロール泳における体幹筋群、特に腹斜筋と脊柱起立筋の主要な役割を明らかにし、これらの筋肉が体幹の捻転動作にどのように寄与し、泳速度とロールバック局面の推進力にどのように影響を与えるかを検証し、泳速度の向上に寄与する体幹ローテーション動作と筋活動の関係を深く理解することができ、パフォーマンス向上に対する新たな洞察を提供している。さらには、水中運動中の筋活動の分析に EMG 法（筋電図）を用い、これまでにないクロール泳における体幹筋群の筋活動の分析に成功した。この研究においては、複雑な体幹部動作に適応したデバイスの防水処理方法や、プロトコルについても詳細に記述しており、高い精度での筋活動の計測を実現した。

総じて、本研究の成果は、競泳における生体工学的要因の詳細な分析を通じて、アスリートの動作改善やパフォーマンス向上に寄与する具体的な知見を提供している。これにより、スポーツバイオメカニクス分野における水中運動に関する新たな科学的知見が得られ、その価値がスポーツ分野に留まらず、より広範な社会的側面での認識が期待される。

氏名 兵頭 洋樹
学位の種類 博士(工学)
報告番号 甲第70号
学位授与年月日 令和6年3月20日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
学位論文題目 水中運動の生体工学における力学的要因の総合的解析：
競泳パフォーマンスと推進技術に関する研究
論文審査委員 (主任審査員) 教授 和田 匡史
(審査員) 教授 二川 佳央
(審査員) 教授 大浦 邦彦
(学外審査員) 教授 下山 好充 (新潟医療福祉大学)

博士論文の審査結果の要旨

題目 水中運動の生体工学における力学的要因の総合的解析：
競泳パフォーマンスと推進技術に関する研究

氏名 兵頭 洋樹

学位論文の審査結果の要旨

工学研究科博士課程

| | | | | | |
|-----|------------|------|----------|----|-------|
| 専攻名 | 応用システム工学専攻 | 学籍番号 | 21-DE001 | 氏名 | 兵頭 洋樹 |
|-----|------------|------|----------|----|-------|

本論文は、生体工学の手法を駆使し、先端科学技術の躍進を背景に開発された様々なデバイスを活用して、スポーツ科学の領域における貢献を深掘りすることを主眼に置いている。特に、スポーツバイオメカニクスに注目し、運動選手がスポーツ活動に従事する際に示す身体動作や技術の深層にわたる科学的探究を進めている。

本研究において、生体計測技術の重要性は、運動選手の生体情報をリアルタイムで捕捉し、得られたデータを基にトレーニングプログラムや戦略を調整することで、選手のパフォーマンスを最大化し、安全性を確保し、戦術を洗練させる上で、スポーツ界において極めて顕著であることが強調されている。本論文では、モーションキャプチャシステムや筋電図といった最先端の計測機器を使用し、スポーツパフォーマンスの最適化と技術革新に向けた取り組みを展開している。これらの技術の進歩は、スポーツ分野での競技力向上だけでなく、医療診断、治療、健康管理、研究領域における生体計測の精度と効率の向上を促進し、結果として、人々の健康と生活の質を大きく向上させる貢献をしている。

具体的には、この研究は水中運動、中でも競泳の生体工学的側面に特化して焦点を当てている。水中での運動は、陸上とは全く異なる物理的条件の下で行われるため、浮力、水の密度、圧力、熱伝導率など、多くの特有の要因を考慮する必要がある。競泳においては、特定の距離を最小限の時間で泳ぎきることが目指され、この目標達成において、力学的要素が極めて重要な役割を果たしている。本研究においては、泳速度に影響を及ぼすスタート動作を3次元的に分析し、キックスタート時の上肢動作の有無が離台時の身体の移動速度にどのように作用するかを3次元動作分析技術を駆使して明らかにしている。この分析から、上肢動作が離台時の推進方向および鉛直方向に影響を与え、飛び出し角度の調整において重要な役割を果たしていることが判明した。今後の研究においては、筋活動を含むより詳細なスタート動作の分析や、入水時の水しぶきを含むさらなる探求が必要とされる。

さらに、本研究では泳ぎのタイムと密接に関連するストロークに関しても深い研究を行っている。短距離クロール泳における泳速度と肩及び腰のローテーション動作との関係を解明し、泳距離に応じたストローク技術や、ストロークに関連する体幹部動作についても詳細に論じ、泳速度に適したフォームの開発が必要であることを示唆している。この研究では、体幹部の捻転動作についても詳細に調査し、肩と腰のローテーション動作とそれに伴う体幹部の捻転動作を新たな視点から分析し、これまでにない精度での体幹ローテーションの解析を実現している。体幹ローテーション研究においては、これまで計測が難しかった水中動作の精度を向上させるために、光学

技術やカメラの配置，分析手法についても新たな提案をしており，これにより従来以上に高精度な計測を可能にしている。

この研究はさらに，体幹捻転動作によって生じる体幹筋群の伸長-短縮サイクル，いわゆる Stretch Shortening Cycle (SSC) 運動を支える体幹部筋群の筋活動についても探求しており，トレーニング方法の改善や運動メカニズムのさらなる解明を目指している。クロール泳における体幹筋群，特に腹斜筋と脊柱起立筋の主要な役割を明らかにし，これらの筋肉が体幹の捻転動作にどのように寄与し，泳速度とロールバック局面の推進力にどのように影響を与えるかを検証し，泳速度の向上に寄与する体幹ローテーション動作と筋活動の関係を深く理解することができ，パフォーマンス向上に対する新たな洞察を提供している。さらには，水中運動中の筋活動の分析に EMG 法（筋電図）を用い，これまでにないクロール泳における体幹筋群の筋活動の分析に成功した。この研究においては，複雑な体幹部動作に適応したデバイスの防水処理方法や，プロトコルについても詳細に記述しており，高い精度での筋活動の計測を実現した。

本研究の成果は，競泳における生体工学的要因の詳細な分析を通じて，アスリートの動作改善やパフォーマンス向上に寄与する具体的な知見を提供している。これにより，スポーツバイオメカニクス分野における水中運動に関する新たな科学的知見が得られ，その価値がスポーツ分野に留まらず，より広範な社会的側面での認識が期待される。

最終試験の審査結果の要旨

工学研究科博士課程

| | | | | | |
|-----|------------|------|----------|----|-------|
| 専攻名 | 応用システム工学専攻 | 学籍番号 | 21-DE001 | 氏名 | 兵頭 洋樹 |
|-----|------------|------|----------|----|-------|

- ① 水中モーションキャプチャー装置を用いて競泳における生体工学的要因を三次元動作分析によって明らかにし、アスリートの動作改善やパフォーマンス向上に寄与する具体的な知見を得ることができた。これにより、スポーツバイオメカニクス分野における水中運動に関する新たな科学的知見が得られ、その価値がスポーツ分野に留まらず、より広範な社会的側面においても独創的かつ新しい知見が得られると考えられる。
- ② 審査制度のある学術論文への掲載論文
- 1) **兵頭洋樹**, 古賀大樹, 和田匡史, 仙石泰雄: 短距離クロール泳における肩・腰ローテーション動作の解明, 体育学研究, 第 66 巻, pp841-852, 2021.
 - 2) **兵頭洋樹**, 和田匡史: キックスタート動作の 3 次元動作分析～上肢動作が離台時の身体に及ぼす影響～, 電気学会論文誌 C 部門, Vol.143, No.1, pp32-36, 2023.
(**Hiroki Hyodo**, Tadashi Wada: 3D motion analysis of kick start motion – Effects of upper limb movements on the body when leaving the platform – , Electronics and Communications in Japan, Vol.143, No.1, pp32-36, 2023.)
 - 3) **Hiroki Hyodo**, Daiki Koga, Yasuo Sengoku, Tadashi Wada: Relationship between Swimming Velocity and Trunk Twist Motion in Short-Distance Crawl Swimming, Biomechanics, Vol.3, No.2, pp193-203, 2023.

上記①および②は、「国土舘大学大学院工学研究科博士課程における学位審査のめやす及び博士候補者資格の判定に関する申し合わせ」の第 1 条（学位審査基準のめやす）および第 2 項を満たしている。

- ③ 提出された学位論文の査読及び公聴会の質疑応答を通じ、当該分野の基礎に対する理解も深く実験法・論文作成法も十分に体得していることが確認できた。

以上により「合格」とする。