

氏 名	成田 健造
学 位 の 種 類	博士（体育科学）
学 位 記 番 号	博乙第 2888 号
学位授与年月	平成 30年 7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	余剰推進力計測を用いた水泳中の泳者に働く自己推進時抵抗 評価法の開発

主 査	筑波大学教授	博士（工学）	高木 英樹
副 査	筑波大学教授	教育学博士	西保 岳
副 査	筑波大学助教	博士（体育科学）	仙石 泰雄
副 査	筑波大学教授	博士（工学）	浅井 武
副 査	東京工業大学教授	博士（工学）	中島 求

## 論文の内容の要旨

成田健造氏の博士学位論文は、測定困難とされてきた自己推進する泳者に働く抵抗力（自己推進時抵抗）について、従来の方法とは異なり、泳速度や泳法を限定せず、任意の泳速度や泳法において自己推進時抵抗を評価することが可能となる新たな方法論の開発に取り組んだものである。その要旨は以下のとおりである。

### （目的）

競泳は抵抗との戦いであり、いかに抵抗を低減できるかがパフォーマンスを決定する最も重要な要因とされてきた。しかしながら、重要であるにも関わらず、四肢を駆動させて自己推進している泳者に作用する抵抗（自己推進時抵抗）を泳速度や泳法に制限を設けず、精度良く測定する方法は確立されていない状態であった。そこで本論文では、実験用回流水槽を用いて、泳者が一定の泳動作を保持したまま、回流水槽の流速を変化させた場合の泳者が発揮する余剰推進力（Residual Thrust）を計測し、この余剰推進力と流速との関係性に独自に考案した数学的モデルを適用して、泳者に働く自己推進時抵抗を推定する方法論（MRT 法と命名）を開発することを目的としたものである。

著者は本博士論文の目的を達成するために、以下の3つの研究課題を設定して、MRT 法の開発、検証、応用に取り組んだ。

- (1) MRT 法の再現性の検証
- (2) 多様な泳速度における自己推進時抵抗の推定
- (3) 異なる泳法における自己推進時抵抗の推定

#### (対象と方法)

まず、(1)の MRT 法の再現性の検証に関して、2名の泳者を対象者として、同一試技を計5回実施し、MRT 法を用いて推定された自己推進時抵抗の再現性を確かめるために、変動係数を算出して分析している。

次に(2)に関して、MRT 法を用いて両腕を挙上したストリームライン姿勢(受動抵抗)と、上肢と下肢の両方を用いたクロール泳(自己推進時抵抗)に関して、7名の泳者を対象に 1.0—1.5 m/s の泳速度範囲で分析している。また、キック動作をしないクロール泳(プル泳)を用いて、MRT 法と従来からある MAD-system の両方で6名を対象者として 1.0、1.2、1.4 m/s の速度において分析している。

最後に(3)では、MRT 法を用いて、クロール泳における下肢動作の有無による比較と、背泳ぎでの自己推進時抵抗の評価を実施している。まずクロール泳の下肢動作の有無による比較を7名の泳者を対象に 1.1、1.3 m/s の2つの泳速度で実施し、背泳ぎとクロール泳の比較を男性泳者5名と女性泳者5名の計10名で 1.2 m/s を対象に分析している。

#### (結果)

(1)に関して、2名の泳者における自己推進時抵抗の変動係数はそれぞれ 6.5%と 3.0%、ストローク頻度の変動係数はそれぞれ 2.1%と 1.1%であったと報告している。

次に(2)に関して、自己推進時抵抗は受動抵抗よりも全ての泳速度で高い値を示し、受動抵抗は泳速度の約2乗に比例した一方で、自己推進時抵抗は泳速度の約3乗に比例し、特に高い速度での双方の差が拡大したと報告している。また、MRT 法を用いて評価された自己推進時抵抗は MAD-system よりも全ての泳速度において高い値を示したと報告している。

最後に(3)について、クロール泳の下肢動作の有無により抵抗力に有意差は示されなかった一方で、1.3 m/s の試技において対象者7名中6名において、下肢動作を用いた場合の自己推進時抵抗が高い値を示したと報告している。また、背泳ぎの自己推進時抵抗はクロール泳よりも高い値を示したと報告している。

#### (考察)

(1)に関して、同一試技及び環境であっても泳者のストローク頻度や泳動作が異なるため、MRT 法を用いて評価された自己推進時抵抗の変動は Systematic error というよりも泳者自身の Human error に起因すると考えられ、その変動を考慮しつつ抵抗値の評価を行う必要があると著者は提言している。

次に(2)に関して、水泳中の泳者の身体は性質の異なる空中と水中を身体が何度も往来するなど、船や水中生物とはかなり異なる動作の特徴を有しており、自己推進していない時の定常姿勢での受動抵抗の理論を水泳中の自己推進時抵抗にそのまま応用することは不適であることを筆者は指摘している。さらに、MAD-system では水中に設置された固定板を押して泳者は泳ぐが、流体である水を押して泳ぐ MRT 法や実際の水泳とは異なり、その推進形態の違いが自己推進時抵抗に影響したと著者は報告している。

最後に (3) について、相対的に高い速度である 1.3 m/s での下肢動作を用いた時の自己推進時抵抗が下肢動作を用いた時より大きくなる傾向を示し、クロール泳における下肢動作の利用による抵抗力への影響は泳速度に依存して変化する可能性を筆者は指摘している。また、背泳ぎとの比較について、ストローク頻度やストローク長の基本的な評価項目に加え、体幹の傾きや泳動作の違いといった動作分析の必要性を唱え、動作と自己推進時抵抗の関係性の調査が今後の課題であることを著者は提言している。

以上のように、本博士論文では余剰推進力の計測に着目して、多様な泳速度と泳法に応用可能な自己推進時抵抗の評価を MRT 法の開発を通して著者は実現している。その結果、一定の姿勢を保つ受動抵抗とは異なり、クロール泳中の自己推進時抵抗は泳速度の約 3 乗に比例して増加するという新たな現象を本論文では MRT 法により明らかにしている。今後、MRT 法を用いた評価を動作分析などと組み合わせて行うことで、水泳中の泳者に働く自己推進時抵抗についての理解を深めることができる」と著者は述べている。

## 審査の結果の要旨

### (批評)

本博士論文は、競泳のパフォーマンスを決定する最も重要な要因とされてきた自己推進時抵抗に関して、従前の方法論における様々な制約や精度に関する問題点を克服し、新たな方法論を開発したことは大いに評価できる。本方法論の開発により、競泳における抵抗問題において定説とされてきたことが覆されるなど、関連研究分野に及ぼす本博士論文のインパクトはかなり大きいと言える。

しかしながら、本方法論を用いた研究は、ようやく途に就いたばかりであり、今後研究実績を積み上げ、競泳のパフォーマンス向上に実際に貢献できるような研究成果を出していくことが望まれる。

平成 30 年 6 月 12 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。