

報道関係者各位

国立大学法人 筑波大学
国立大学法人 東京工業大学

遊泳中のスイマーにかかる抵抗を推定する方法を開発
—スイマーの抵抗は泳速の3乗に比例する—

研究成果のポイント

1. 泳法を限定せず、任意の速度で泳いでいるスイマーが受ける抵抗を、正確に推定できる方法を開発しました。
2. スイマーに働く抵抗力は、これまで泳速の 2 乗に比例すると考えられていましたが、実は約 3 乗に比例することが判明しました。
3. 本測定法を用いることで、泳技術の優劣を客観的に評価することが可能となり、今後の泳パフォーマンス向上に大いに貢献することが期待されます。

国立大学法人筑波大学体育系の高木英樹教授、成田健造氏(大学院生)、国立大学法人東京工業大学工学院の中島求教授らの研究グループは、筑波大学の実験用回流水槽を用いて、クロール、背泳ぎなど、泳法を限定することなく、任意の速度で泳いでいるスイマーに作用する抵抗力を精度良く推定する方法を、世界で初めて開発することに成功しました。これまでは、体を一直線に伸ばした姿勢時の静的抵抗や、上肢だけでクロールを行うプル泳時の動的抵抗を測定する方法は存在しましたが、泳法や泳速に制限を加えることなく、実際に泳いでいるスイマーの抵抗(自己推進時抵抗)を測定する方法は確立されていませんでした。

そこで、本研究グループが蓄積してきた競泳に関する流体力学的知見を活かし、従来とは全く異なる方法を採用することで、自己推進時抵抗の推定を可能としました。その結果、クロールで泳ぐスイマーに働く抵抗力は、これまで泳速の2乗に比例すると考えられていましたが、実は約3乗に比例して増加することが判明しました。

今後、本測定法を用いて、様々なレベルのスイマーの抵抗を測定することで、泳技術の優劣を客観的に評価することが可能となり、今後の泳パフォーマンス向上に大いに貢献することが期待されます。

なお、本研究成果は、Journal of Biomechanicsにおいて早期公開中です。

(<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.01.037>)

研究の背景

競泳は抵抗^{注1)}との闘いであり、如何にして抵抗を減らすかは競技力向上を目指す上で最重要課題です。100年以上前から、スイマーの抵抗を測定しようとする試みが行われきました。当初は、手足を含め体を一直線に伸ばした姿勢を取った静的状態で、水中を牽引した場合の抵抗(受動抵抗)について議論され、速度の2乗に比例して抵抗が大きくなることが明らかにされました。しかし、この受動抵抗を用いた議論は、実際にスイマーが泳いでいる時の状況とは大きく異なることが問題視されてきました。そこで、自らの手足を動かして推進しているスイマーの動的抵抗(自己推進時抵抗)をなんとか測定しようと、様々な研究者が測定方法の開発に取り組んできました。その一例として、キック動作を行わず、腕だけでクロール泳を行うプル泳時の動的抵抗が測定され、自己推進時抵抗がスイマーの体型や泳技術によって異なることが報告されましたが、泳法はプル泳に限定されました。その他にも、通常のクロール泳における抵抗が推定可能とする方法が提案されましたが、残念ながら全力で泳いだ場合のみ推定可能で、泳速度に制限がありました。このように、泳法に関わらず任意の速度で泳いでいるスイマーの抵抗を正確に測定する方法は未だ確立されておらず、水泳界では古くて新しい問題であったのです。

研究内容と成果

そもそも自己推進時抵抗を正確に実測しようとするなら、スイマーの体表面に作用する圧力と摩擦力の全分布を計測する必要がありますが、実際問題としてスイマーの泳ぎを妨げないで、それらの測定を行うのは不可能です。そこで我々は、実験用回流水槽を用い、ある任意の流速においてクロール泳を行った時の泳ぎのテンポをスイマーに記憶させ、そのテンポを維持したまま、流速を様々に変化させた場合にスイマーに作用する力を測定し、その測定値から自己推進時抵抗を推定する方法を考案しました(詳細については図1を参照)。

この新しい方法を用いることにより、通常のクロールで泳ぎながら、速度を向上させた時の抵抗の変化が初めて明らかになりました。その結果、従来は速度の2乗に比例して抵抗が増加すると考えられていたものが、実は約3乗に比例して増加することが判明しました(図2)。つまり、泳速度を10%向上(1.1倍)させようとした時、従来の2乗をベースにした試算では21%($1.1 \times 1.1 = 1.21$)抵抗が増加すると考えられていたものが、実際には33%($1.1 \times 1.1 \times 1.1 = 1.331$)も抵抗が増加することが分かったのです。この数値からも、競泳が抵抗との闘いであることが示されます。

今後の展開

今後は、本測定法を用いて、世界トップスイマーの自己推進時抵抗を測定し、泳技術の優劣を客観的数値で評価し、泳技術を改善するヒントを得ていきます。また、これまでは主にクロール泳でしか自己推進時抵抗の測定は行われてきませんでした。日本人が得意とする背泳ぎ、平泳ぎ、バタフライなど、他の種目についても同様の測定を行い、抵抗を低減させるための具体的な方策を検討し、TOKYO2020における日本人スイマーの活躍に貢献できればと考えています。

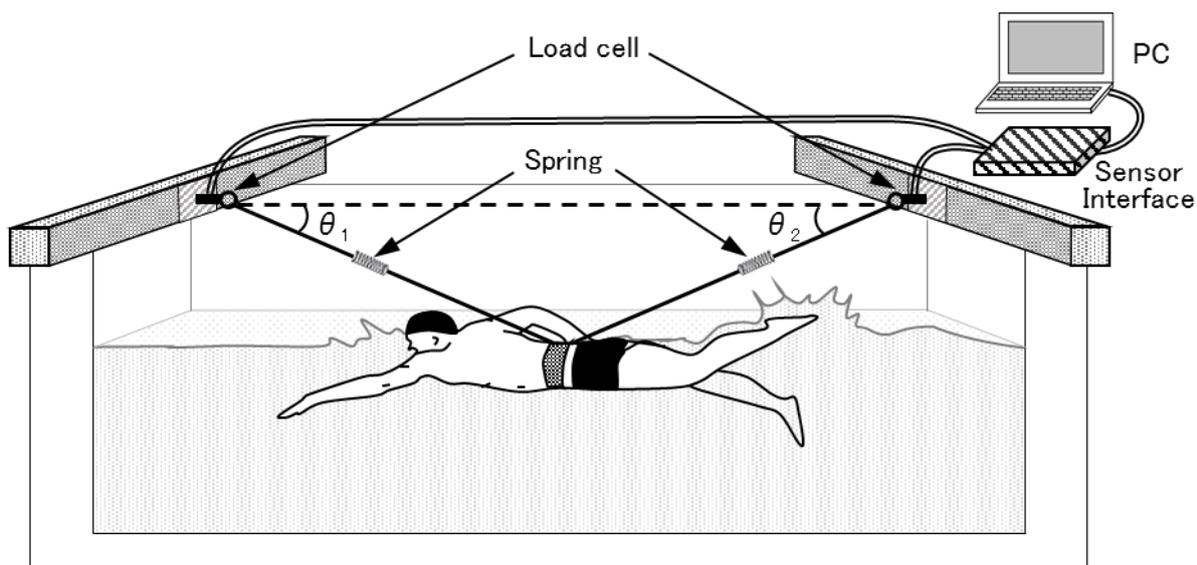
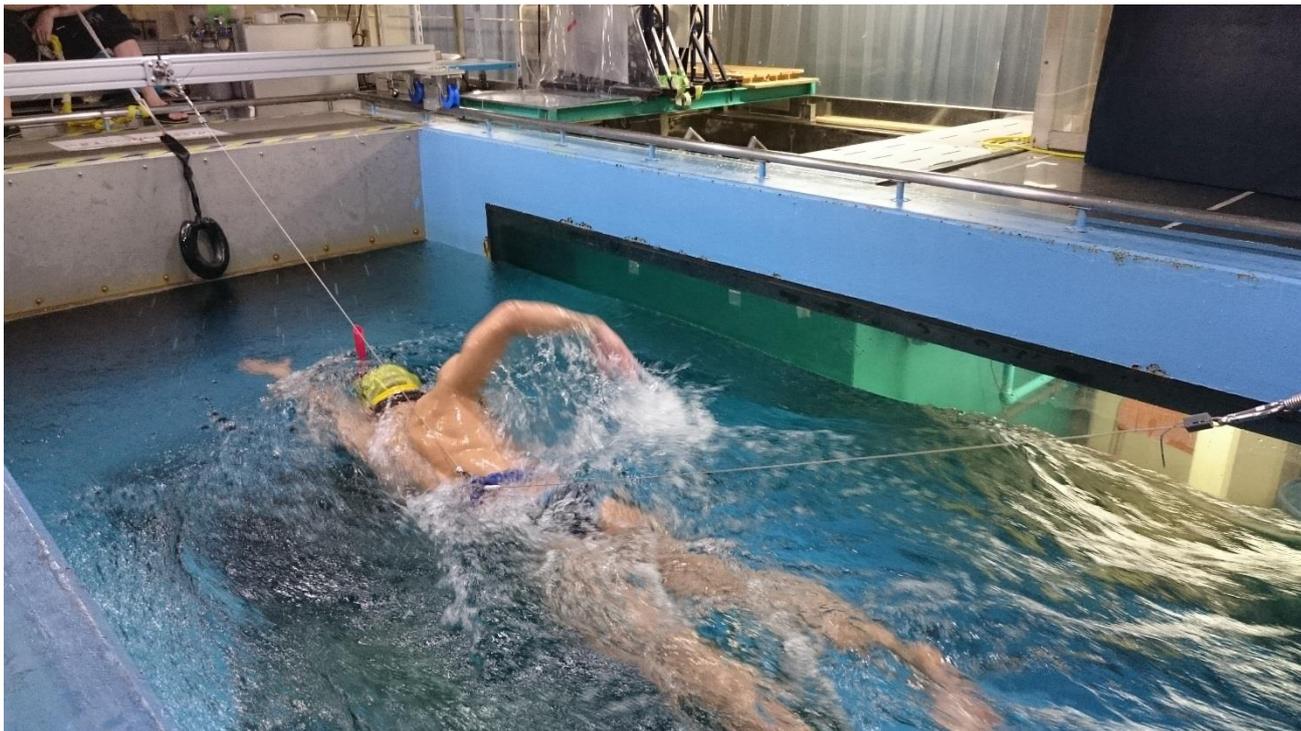


図1 自己推進時抵抗計測システムの概要 まずスイマーに対し、任意の流速(U_f)に設定された回流水槽内で、一定の位置に留まってクロール泳を行うよう指示し、その際の腕の回転頻度(テンポ)を記憶させる。その後、前後方向からワイヤーによって固定された状態で、先に記憶させたテンポを再現、維持しながらクロール泳を行わせる。次に回流水槽の流速(U)を U_f より速くしたり、遅くしたり変化させながら、前後のワイヤーに生じる張力を測定する。この時、流速が $U < U_f$ の場合には、スイマーが発揮する推進力は受ける抵抗を上回るので、前方に進もうとする力が生じ、後のワイヤーに張力がかかる。一方、流速が $U > U_f$ の場合には、逆にスイマーが発揮する推進力は受ける抵抗を下回るため、後方に押し戻される力が生じ、前のワイヤーに張力がかかる。流速 U を 8~9 段階で増減させ、それぞれの段階における前後のワイヤーにかかる張力の平均値を求め、その回帰曲線から U_f で泳いだ時の自己推進時抵抗を推定する。

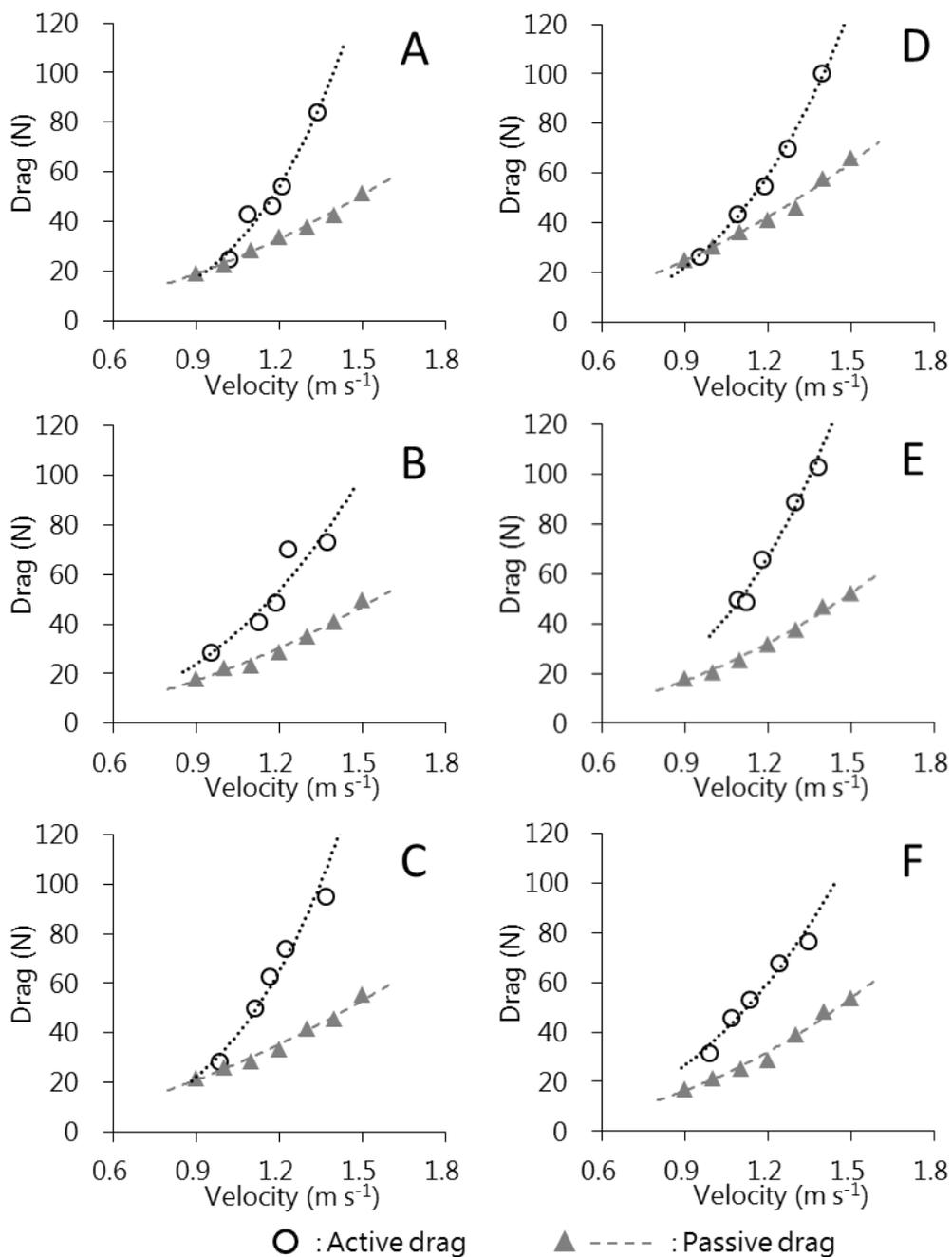


図2 6人の対象者(A~F)の自己推進時抵抗(○)と受動抵抗(▲)の変化 受動抵抗は、これまでの報告の通り、泳速度の2乗に比例して増加していたが、自己推進時抵抗は、泳速度の2乗ではなく、約3乗に比例して増加していた。

用語解説

注1) 抵抗

スイマーが水面付近を泳いだ時、スイマーの体型に依存する形状抵抗(圧力抵抗とも言う)、水と体表面が接する部分に生じる摩擦抵抗、そして波がおきてスイマーを押し戻す方向に作用する造波抵抗などが生じますが、ここではこれらすべての抵抗を合わせた力を抵抗と呼んでいます。

掲載論文

【題名】 Developing a methodology for estimating the drag in front-crawl swimming at various velocities

(和訳) クロール泳における異なる泳速時の抵抗推定方法の開発

【著者名】 Kenzo Narita, Motomu Nakashima and Hideki Takagi

【掲載誌】 Journal of Biomechanics、DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.01.037

問合わせ先

【研究に関すること】

高木 英樹(たかぎ ひでき)

筑波大学 体育系 教授

中島 求(なかしま もとむ)

東京工業大学 工学院 教授

【取材・報道に関すること】

筑波大学 広報室

Email: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

Tel: 029-853-2039 Fax: 029-853-2014

東京工業大学 広報センター

Email: media@jim.titech.ac.jp

Tel: 03-5734-2975 Fax: 03-5734-3661