

ドルフィンキック泳速度を 2.4%アップ  
～最先端動作・筋電解析技術による高機能水着の開発に成功～

研究成果のポイント

1. 第5の泳法とも言われるドルフィンキックに着目し、トップスイマーのキック動作を最先端の動作・筋電解析システムを用いて分析しました。その結果、極めてドルフィンキックが速いスイマーは内転筋群の収縮活動が活発で、他のスイマーに比べて股関節の内転・内旋動作に違いがあることを初めて明らかにしました。
2. 股関節の内転・内旋動作後の切り返し動作を速くする効果を狙い、伸長応力の高い「ライトニングバンド」を新たに開発しました。これを新水着のウエストから内股に配置した結果、ドルフィンキック頻度を向上させる効果が認められました。
3. トップスイマーを対象とした新水着の実着試験を行ったところ、ターン後のドルフィンキック泳速度において、従来水着に比べて平均 2.4%の泳速度アップが実現されました。

国立大学法人筑波大学（以下「筑波大学」という）体育系高木英樹教授らの研究グループは、株式会社デザートとの共同研究により、ドルフィンキックの出力をアップする“キックアシストシステム”を搭載した新たな高機能水着の開発に成功しました。

2008年の北京オリンピックを機に登場した高速水着は、世界新記録を連発する原動力となりましたが、あまりの効果に国際水泳連盟は、本来、泳技術を競うはずの競泳が、水着の優劣によって勝敗が決まってしまうことを懸念し、2010年に大幅なルール変更を行い、厳しい規制をかけました。

これにより、水着開発の余地は大幅に狭められ、もはや水着単体での機能向上は望めない状況となりました。

このような状況を打開するために、本研究グループは原点に立ち返って、速く泳ぐための水着の条件とは何かを徹底的に議論しました。その結果、エリートスイマーの泳動作の特徴はどこにあるのか？そして、その動作をノンエリートスイマーが達成しようとしたら、水着にどのような機能をもたせれば良いのか？という視点から新たな高機能水着の開発に取り組みました。

速く泳ぐための動作の解明には、筑波大学が培ってきた最先端の水中動作分析システムや水中筋電解析システムを用いました。さらに泳動作自体も、スタートやターン後に多用されるドルフィンキックに絞り込んで解析を進めました。その結果、エリートスイマーの泳動作の特徴が初めて明らかになり、その動作をアシストする機能を水着に持たせるための素材開発、形状、デザインなどが検討されました。

なお本研究は、筑波大学体育系の高木英樹教授、仙石泰雄助教、小林啓介研究員らが共同で行い、本研究成果物である新水着は、アリーナブランドから「アクアフォース ライトニング」として2015年11月17日に記者発表されます。

## 研究の背景

ロンドンオリンピック(2012年8月)での日本競泳陣の活躍がまだ記憶に新しい2013年2月、早くもリオデジャネイロオリンピックに向けた新たな水着開発プロジェクトが立ち上がりました。国際水泳連盟による水着規制が強化されて以降、水着開発の余地は限られていたため、本研究グループは、水着単体の機能向上を目指すのではなく、理想的な泳ぎを実現しやすい水着を開発するというコンセプトのもと、エリートスイマーの泳動作の分析に着手しました。しかしながら、泳法にはクロール、背泳ぎ、平泳ぎ、バタフライと4つもスタイルがあり、さらに泳ぎ方は個人差が大きいため、何を持って理想的な泳ぎとするのかという、根源的な課題がありました。そこで予備実験とディスカッションを重ね、動作がシンプルで、かつスタートやターン局面において、どのスイマーでも用いるドルフィンキックを分析対象とすることにしました。

泳動作を計測するにあたっては、最終的に水着の違いによる微妙なパフォーマンスの差を検出できる高い精度が必要です。また、動作の違いを生み出すのは筋肉ですので、泳動作中の筋活動も同時に解析できるシステムでなければなりません。これらの要件を満たすことは、陸上では比較的簡単であるかもしれませんが、水中では、泡の影響で動作が見えない、あるいは漏水などの様々な問題が生じ、これまで実現されていませんでした。

## 研究内容と成果

本研究グループでは、水中でのドルフィンキック動作を精度よく計測するために、高輝度の防水LEDを身体部分マーカーとして用い、さらに動作解析ソフトを用いて、身体各部位の水中位置座標を手動によらず、ほぼ自動で解析できるシステム(図1)を構築しました<sup>\*1</sup>。本システムを用いたことで、多くの被験者を対象とした場合でも、ほぼリアルタイムで、精度よくドルフィンキック時の振幅、頻度、所要時間および泳速度などのパラメータが計測できるようになりました。さらに継続してデータを保存できるロガー式のポータブル筋電計を用い、防水処理を徹底することで、従来は困難であった全力泳中の筋電データを長時間分析できるシステムが構築できました<sup>\*2</sup>。

この新計測システムを用いた解析結果から、エリートスイマーがドルフィンキックを行う際、蹴り降ろし時に股関節を内転・内旋させ(図2参照)、足部が船舶のスクルーのような3次元的な回旋運動を行っていることを明らかにしました。さらに蹴り降ろし時、従来は大腿直筋および大腿二頭筋が主動筋と考えられていましたが、大腿の内側にある内転筋群も活発に活動していることが分かり(図3参照)、速いドルフィンキックを行うためには、内転筋群の活動をサポートし、いかに速く、内転・内旋動作を繰り返せるかが鍵となることが明らかとなったのです。しかし、このような動作は誰にでも実現可能であるわけではなく、ノンエリートスイマーにとってはかなり困難であることも同時に判明しました。

そこで、我々は水着にこの蹴り下ろし動作をアシストする機能を持たせるために、新たに開発した伸長応力の高い「ライトニング バンド」を新水着のウエストから内股に配置しました。さらに、蹴り上げ時に重要な股関節伸展筋をサポートするため、大腿部の中央から臀部にも「ライトニング バンド」を配置し、蹴り下ろしと蹴り上げの両局面をサポートした“キックアシストシステム”を搭載した結果、ドルフィンキック頻度を向上させる効果が認められました。エリートスイマーからノンエリートスイマーを対象とした新水着の実着試験を行ったところ、ターン後のドルフィンキック泳速度において、従来水着に比べて平均2.4%の泳速度アップが実現されました(図4参照)。

今後の展開

今後は、本共同研究成果をさらに進化させ、泳動作のアシスト機能を向上させ、より泳速度アップに資する水着を目指して、次世代水着開発に取り組む予定です。

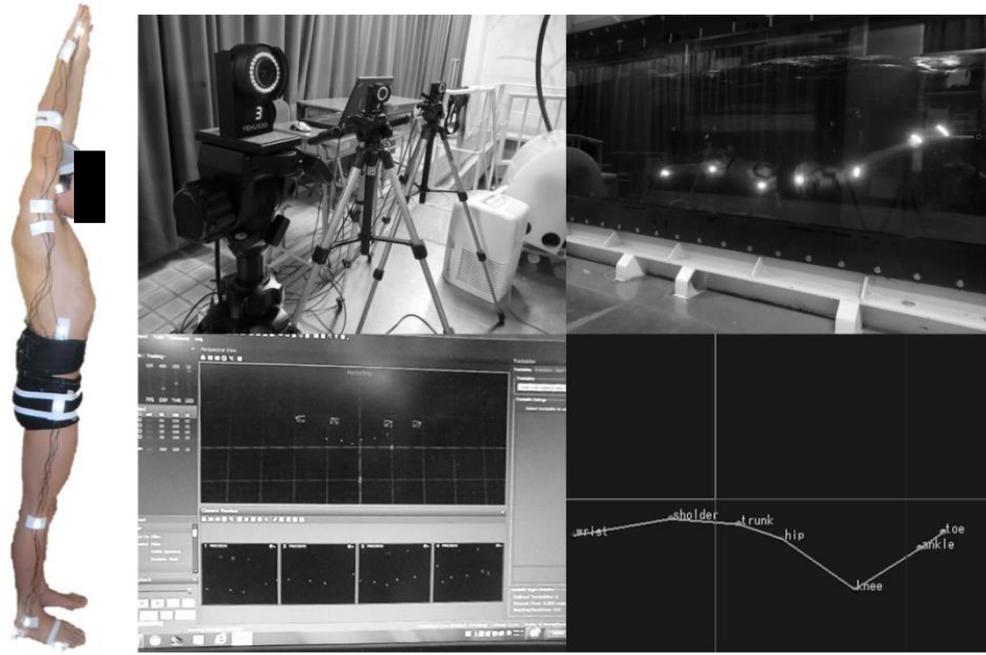


図1 高輝度防水LEDマーカーを用いたドルフィンキック動作分析システム

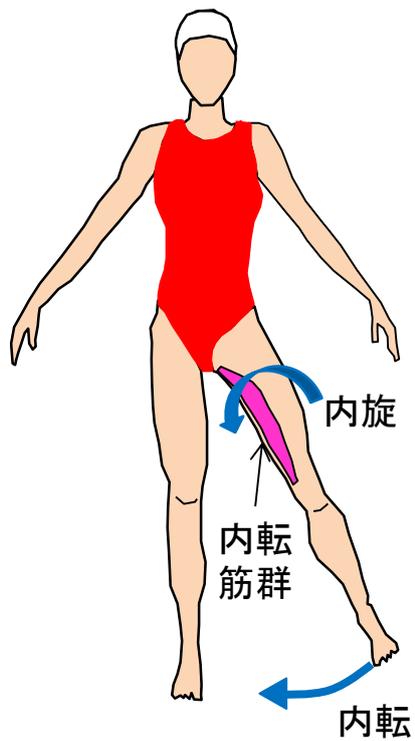


図2 股関節の内転・内旋動作および内転筋群

# ドルフィンキック

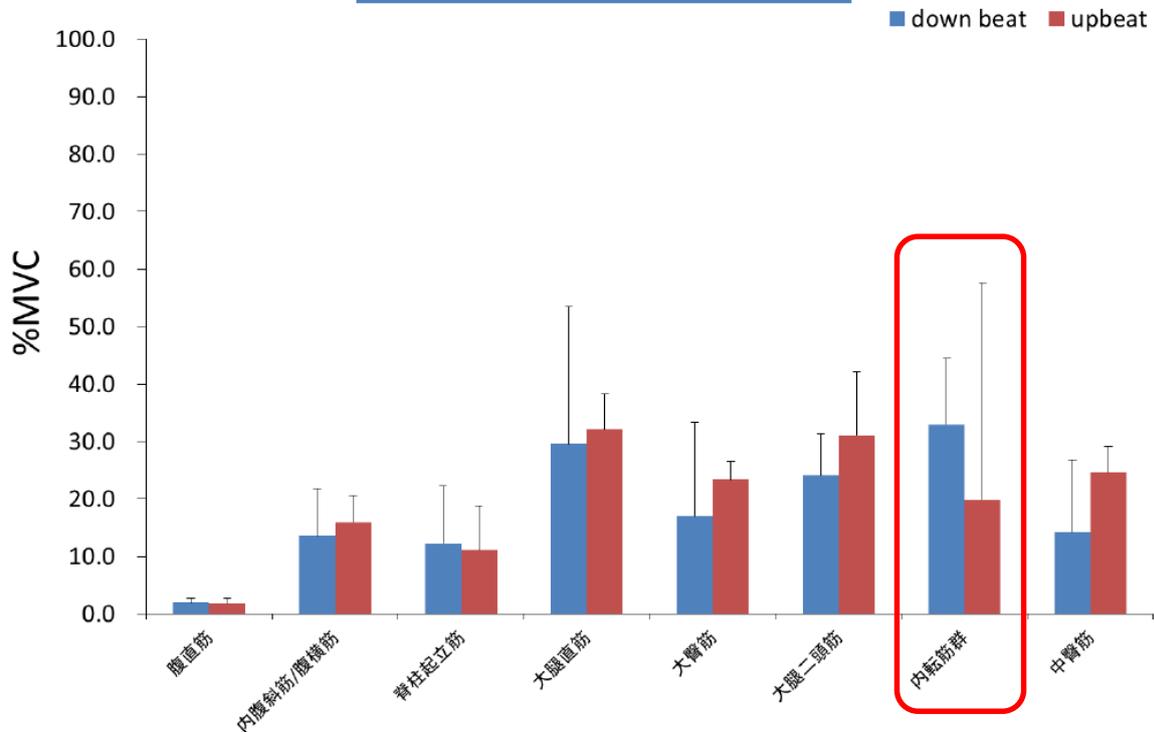


図3 ドルフィンキック中の各筋群の活動状況 従来より大腿直筋および大腿二頭筋が主動筋と考えられていたが、実際には蹴り降ろし(down beat)時に内転筋群の筋活動も活発であり、ドルフィンキックの泳速度を上げるためには内転筋群の関与が重要であることが示唆された。なお、グラフ縦軸の%MVC は、最大随意筋力発揮時の活動電位量を 100%として、各筋がドルフィンキック中にどれだけ活動していたかを相対的に示す数値です。

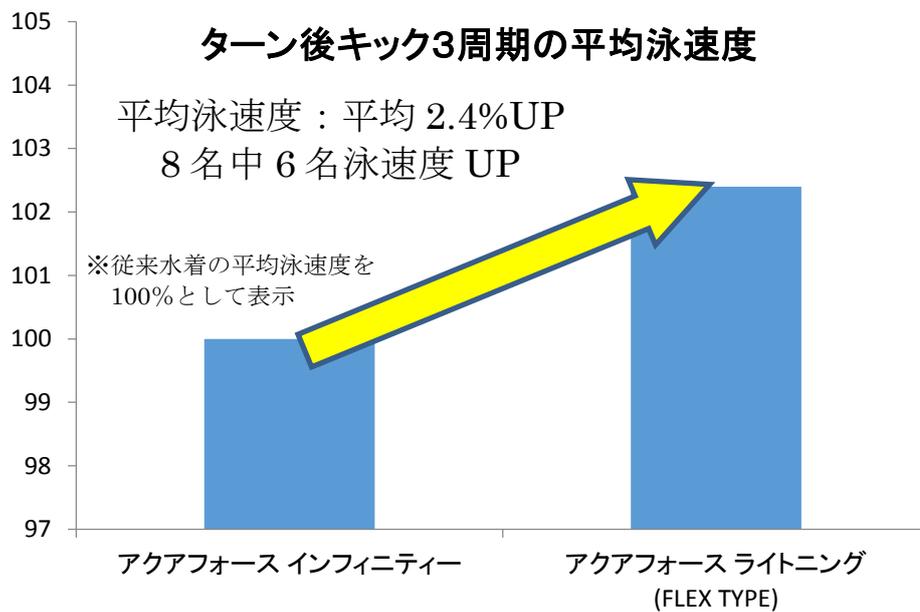


図4 ターン後のドルフィンキック3周期の平均泳速度 従来水着(アクアフォース インフィニティー)に比べ、新水着(アクアフォース ライトニング)は、スイマーのドルフィンキック動作をアシストし、キック頻度を向上させることに貢献し、結果的に8名中6名がの泳速度が向上し、平均で2.4%増加した。

## 用語解説・注

※1 水中ドルフィンキック動作をほぼ自動で解析できるシステムを構築

Hirofumi Shimojo, Yasuo Sengoku, Tasuku Miyoshi, Shozo Tsubakimoto and Hideki Takagi: Effect of imposing changes in kick frequency on kinematics during undulatory underwater swimming at maximal effort in male swimmers. Human Movement Science, 38: 94–105, 2014

※2 水中ドルフィンキック中の筋活動を解析できるシステムを構築

小林啓介, 仙石泰雄, 高木英樹, 椿本昇三: 水中ドルフィンキックにおける最大努力以上のキック頻度増加が筋活動に与える影響. 日本水泳・水中運動学会 2015 年次大会抄録集, 98–103, 2015.

## 問合わせ先

高木 英樹 (たかぎ ひでき)

筑波大学 体育系 教授