

機関番号：33902

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21800072

研究課題名（和文） 泳力向上を目指したストローク技術の解明

研究課題名（英文） Clarification of the stroke technique for improvement of swimming performance

研究代表者

水藤 弘史 (SUITO, Hiroshi)

愛知学院大学・心身科学部・講師

研究者番号：10513145

研究成果の概要（和文）：近代 4 泳法の一つであるクロールのストローク技術であるハイエルボー動作の機序とパフォーマンスとの関係について明らかにした。3 次元動作分析を用いて水中でのストローク動作を計測し、ハイエルボー動作が肩関節の内旋運動がハイエルボー動作を行う上で必要な動作であると考えられた。さらに、ハイエルボー動作はパフォーマンス向上に大きく関与している技術であることが示唆された。また、筋電図を用いてハイエルボー動作時の筋活動の様子についても検討した。

研究成果の概要（英文）：This study aims to investigate that relationship between high elbow technique and swimming performance in front crawl swimming. The arm stroke motions of subjects were captured three-dimensionally (3-D) at 60 Hz during 25 m front crawl swimming. As a result, the subjects were maintaining high elbow position by inducing the inter rotation angular velocity of the shoulder. Therefore, to maintain high elbow position, the inter rotation motion of the shoulder will be important for performance in front crawl swimming. Moreover, muscle activity during stroke motion was studied by use of EMG (electromyogram).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1050000	315000	1365000
2010 年度	920000	276000	1196000
年度			
年度			
年度			
総計	1970000	591000	2561000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：水泳、ストローク動作、動作分析、筋電図

1. 研究開始当初の背景

近代 4 泳法の中でも、平泳ぎを除いた 3 泳法では、ストローク動作（腕を動かす動作のことを示す）により多くの推進力が得られている。特にクロールでは、全推進力の 7～9 割がストローク動作により得られていると報告されている。

これまでクロールのストローク技術に関

しては、定性的な評価をしている研究が多く (Counsilman, 1968), 客観的な指標を用いてストローク技術を定量的に評価した研究は見受けられない。また、指導現場においては、体力的なトレーニング法について科学的な根拠に基づいて行われているのに対し、技術的な指導に関しては、コーチや指導者がこれまで培ってきた経験則を基にした指導法

を主とし、科学的な根拠に基づいた技術指導がなされていないのが現状である。申請者は2008年の国際スポーツバイオメカニクスにおいてハイエルボー動作を定量的に評価する指標を報告した。しかしながら、どのように泳者がハイエルボー動作を行っているのか、そのメカニズムについては言及していない。

2. 研究の目的

本研究では、クロールの水中でのストローク動作中にみられるハイエルボー動作について、水中ハウジングした2台のカメラを用いて3次元動作分析を行う。そして、ハイエルボー動作と泳速度との関係をもとに、ハイエルボー動作がどのように行われるのか、そのメカニズムについて検討する。また、ハイエルボー動作時における筋活動についても計測することにより、ハイエルボー動作のメカニズムについて明らかにする。

3. 研究の方法

(1) ハイエルボー動作の評価法

日頃から水泳トレーニングを行っている大学男子競泳選手14名と水泳経験はあるものの競技歴のない成人男性5名を対象とし、25m全力泳中のストローク動作について3次元動作分析を行った。さらに、競泳の日本選手権や日本学生選手権に出場経験のある男子競泳選手3名を対象とし、上記と同様に25m全力泳中のストローク動作の3次元動作分析を行った。

水中でのストローク動作を撮影するため、水中に水中ハウジングした2台のカメラを設置し、スタートしてから15m付近における右腕の1ストローク動作を同期撮影した。撮影する空間の3次元座標軸は、水面に原点をおいた右手直交座標系とした(Z軸:垂直方向, Y軸:推進方向, X軸:水平方向)3次元動作分析のための較正については、撮影範囲

(1.5m×3.0m×2.0m)に36点の較正点を用いて行った。クロール泳中における身体各部の計測方法は、対象者の股関節、肋骨下端、肩関節、肘関節、手関節に取り付けたマーカの2次元座標値を手動デジタル化して計測し、新体格部の計測点と較正点からDLT (Direct Linear Transformation) 法(池上ら, 1991)を用いて3次元座標値を算出した。得られた3次元座標データを用いて、ハイエルボー動作について定量的に評価した。

(2) ハイエルボー動作の評価法

ハイエルボー動作を定量的に評価するために、肩関節と肘関節、手関節の3次元座標データを用いて評価した。肘関節から手関節へ向かうベクトルと肘関節から肩関節へ向かうベクトルを外積することにより、肩関節、

肘関節、手関節の3関節から構成される面の向きを求めた。さらに、そのベクトルを水平面内に投影し、推進方向を示すY軸方向のベクトルとのなす角度(θ)を求めた。この角度(θ)をハイエルボー動作の状態を評価する指標 I_{he} とした。

(3) 泳速度の算出法

泳速度は、対象者の股関節に取り付けたマーカの3次元座標値から、Y軸方向の変位を一次微分することにより求めた。

(4) 肩関節の関節角速度について

ストローク動作では、手部を動かすために肩関節の関節運動の貢献度が高いことから、ハイエルボー動作を行う上でも、肩関節の運動が重要だと考えた。そこで、肩関節の角速度(内転/外転, 水平内転/水平外転, 内旋/外旋)を算出するため、肋骨下端と肩関節、肘関節、手関節の3次元座標データを用いて肩関節の関節角速度を算出した。

(5) ハイエルボー動作における筋活動

6年以上競泳の経験のある成人女子1名を対象とし、ハイエルボー動作を意識したとき、意識して肘を落とした状態でのストローク動作中の筋活動を計測した。対象とする筋群については、肩関節の関節運動に関与している筋群(大胸筋, 広背筋)を表面筋電図法により計測した。なお、表面筋電図センサについて、水着でセンサを押さえるようにし、大胸筋と広背筋に取り付けた。

(6) 統計手法

1ストローク動作中における対象者の平均泳速度とハイエルボー動作を評価する指標との関係についてはピアソンの相関係数を用いた。また、競泳経験者と未経験者 I_{he} の比較については、対応のないt検定を行った。すべての有意性水準は、 $P < 0.05$ をもって有意とした。

4. 研究成果

(1) ハイエルボー動作とパフォーマンスとの関係について

競泳選手と競泳経験のない成人男性のクロールのストローク動作中におけるハイエルボー動作について定量的に評価したところ両者の I_{he} に有意な違いがみられた。 I_{he} が大きければ肘が落ちた状態でストローク動作をしており、 I_{he} が小さい、あるいはマイナスになるほど、肘が高い状態にあることを示す。したがって、熟練者である競泳選手は未熟練な者と比べて I_{he} が小さく、ハイエルボー状態を維持しながらストローク動作を行っていることが明らかとなった(図1)。さらに、 I_{he} と泳速度との間には有意な相関関

係が認められたことから、パフォーマンス向上のためには、ハイエルボー動作を行うことが有効であることが示唆された(図2)。さらに、よりハイレベルな競泳選手のIheを調べたところ、0(deg)に近かったことから、ハイエルボー動作を行う際は、肩関節、肘関節、手関節からなる面の方向を進行方向へ向けるように指導することが有効であると考えられる。

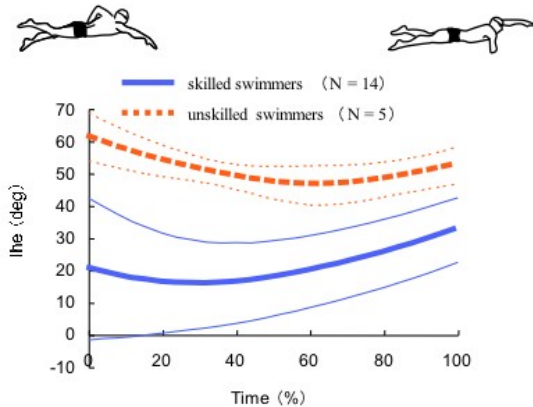


図1 熟練者と未熟練者のストローク動作中におけるIheの変化

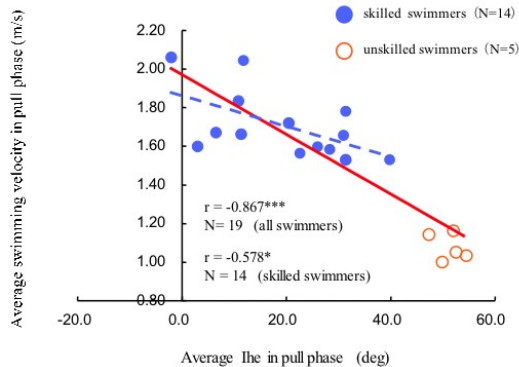


図2 Iheと泳速度との関係について

(2) ハイエルボー動作のメカニズム

クロールにおけるストローク動作は主に肩関節の関節運動に依存している。そのため、ハイエルボー動作についても肩関節の動きの影響が大きいと考えられる。そこで、本研究では、肩関節の内転/外転、水平内転/水平外転、内旋/外旋の関節角速度を計測することにより、ハイエルボー動作のメカニズムについて検討した。熟練者と未熟練者の関節角速度を比較した結果、肩関節内旋方向の角速度に違いがみられた。熟練者は肩関節の内旋方向への角速度が高くなるのに対し、未熟練者では内旋方向への角速度に大きな変化はみられなかった(図3)。したがって、熟練者では、ストローク動作前半において肩関節

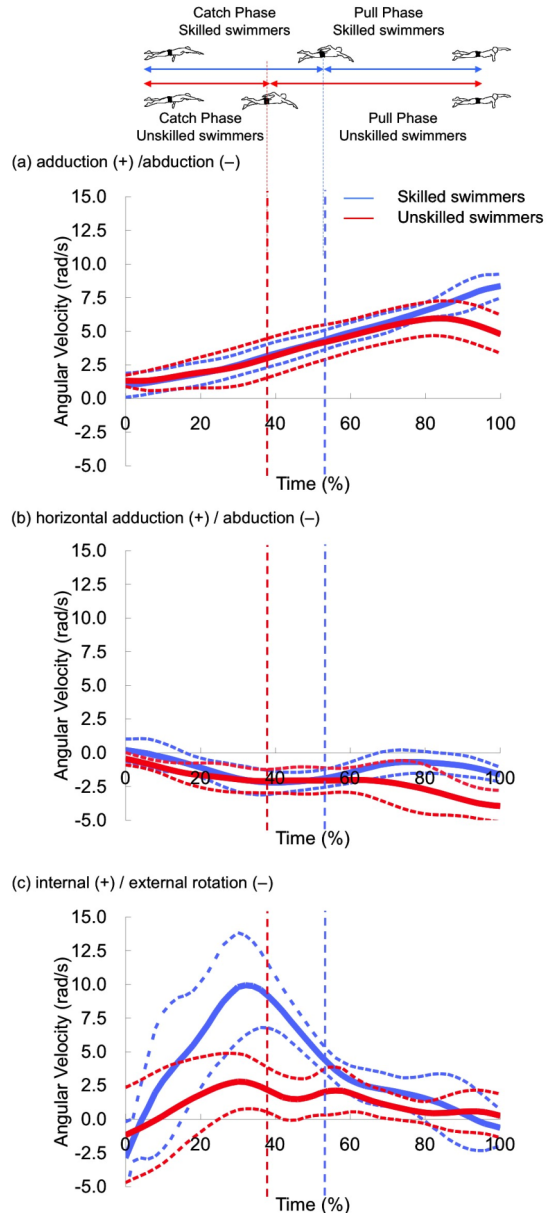


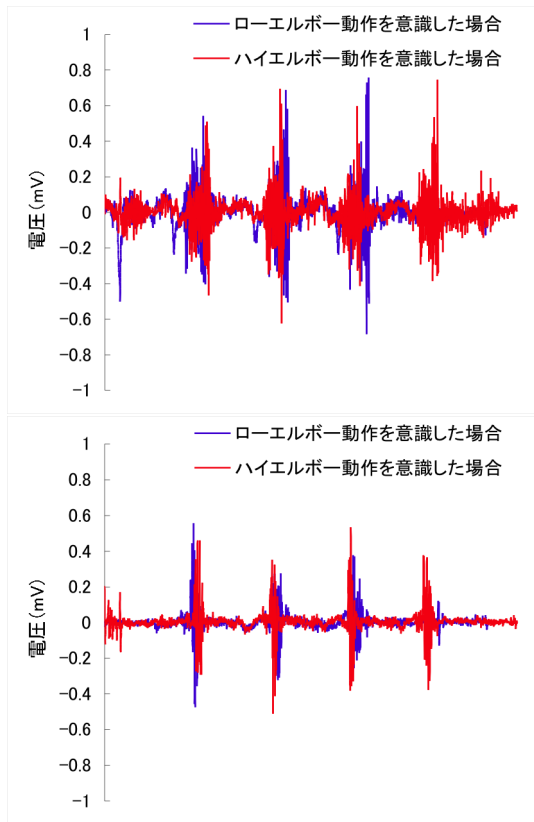
図3 熟練者と未熟練者のストローク動作中における肩関節の関節角速度の変化(上部:内転(+)/外転(-),中部:水平内転(+)/水平外転(-),下部:内旋(+)/外旋(-))

の内旋運動を行うことにより、肘を高い状態に保ち、ハイエルボー動作を行っていることが明らかとなった。

(3) ハイエルボー動作と筋活動について

競泳経験のある成人女子1名にハイエルボー動作を意識したストローク動作と、肘を落とした状態を意識したストローク動作を行わせ、その際の大胸筋と広背筋の筋活動を計測した。その結果、どちらも同様の筋活動であった(図4)。したがって、クロールのストローク動作では、ハイエルボー動作であっても、肘が落ちたローエルボー動作であっても、大胸筋、広背筋ともにストローク動作に必要な

な筋であることが示された。今後は、ハイエルボー動作を行うために必要な筋群に焦点を当てて筋活動を検討する必要がある。図 4 4 ストローク動作におけるローエルボーとハイエルボー動作中の大胸筋（上部）と



広背筋（下部）の筋活動の様子

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計 4 件）

- ① 水藤 弘史, 布目 寛幸, 池上 康男 : クロール泳におけるハイエルボー動作とパフォーマンスとの関係について. 第 23 回日本トレーニング科学会大会, 12 月 18 日, 2010.
- ② 水藤 弘史, 布目 寛幸, 池上 康男 : クロールのハイエルボ動作における肩関節の役割. 2009 年日本水泳・水中運動学会年次大会, 11 月 14 日, 2009.
- ③ 水藤 弘史 : クロールにおけるストローク技術について. 東海体育学会課題研究発表, 10 月 24 日, 2009.
- ④ Hiroshi Suito, Shinkai Hironari, Hiroyuki Nunome, Yasuo Ikegami : The arm stroke motion from catch to pull phase in front crawl swimming. XXIIInd Congress of the International Society of Biomechanics, July 9, 2009.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水藤 弘史 (SUITO HIROSHI)
愛知学院大学・心身科学部・講師
研究者番号：21800072