

平成 21 年 4 月 5 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006 年～2008 年
 課題番号：18500477
 研究課題名（和文） 水泳基本動作と感覚情報のマッチングの横断的および縦断的検討

研究課題名（英文） Biomechanical study on the matching between glide swim and body awareness using cross-sectional and longitudinal design.

研究代表者 合屋 十四秋（GOYA TOSHIAKI）
 愛知教育大学・教育学部・教授
 研究者番号：90109372

研究成果の概要：

本研究では、泳ぐ動作の基本「けのび」の力発揮および感覚情報が習熟度に伴ってどのように変化するかを調べた。その結果、壁を蹴る時間を長くする、力積を大きくする、接地時に腰を曲げ、リリース時に腰を伸ばし、重心移動速度を大きくすることによって、けのび動作が上達することがわかった。気づきによる動作認識は、けのびの各局面順に並べると、「全身を水中に沈め、“ため”を作って顎を引き、蹴った後、膝を曲げない」となり、感覚的気づきは避抵抗姿勢と密接な関係にあると考えられた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
18 年度	1,600,000	0	1,600,000
19 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
20 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	570,000	4,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，スポーツ科学

キーワード：水泳 けのび 巧拙 感覚と認識 横断的・縦断的検討 バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

水泳の「けのび」は、体を浮かすことや進みやすい姿勢を身につけるため、あるいはスタートやターン後に水抵抗の少ないストリームラインを作るために用いられる重要な基本的な動作である。このため、けのびは、初心者が水泳を習う時の必須の技術であるとともに、トップアスリートにおいても重要

課題となっている（Lyttle et al., 2002）ヒトの動作を評価するにあたっては、画像や力発揮の分析とともに、動作と感覚的気づきを対応させて分析するバイオメカニクスの研究手法が有効である。この研究手法を用いて、運動場面における動作認識には、「動作そのものに対する気づき」と、「運動感覚に

対する気づき」があることが明らかにされている(星野, 1982; 天野, 1987)。しかし, この知見は陸上運動を対象として得られたものである。

一方, 運動指導の効果を上げるためには, 熟練者と未熟練者の動作の巧拙の原因を明らかにするとともに, 動作の発達と運動感覚を結びつけた運動発達に関する知見を蓄積しておく必要がある。そして, 選手(学習者), コーチ(指導者)及び研究成果の三者間の情報のフィードバックとフィードフォワード, すなわち Triangle Interaction が円滑に行われる必要がある。運動技術の遂行には, 物理的に表現される客観的動作と, 自分が意識する主観的動作との間にずれが生じる場合がある(大築, 2005)。また, 動作認識は運動の習熟度に左右されるのか(出原, 1986), 水中での実際の動きと一致するのか(結城, 1999)を映像解析と合わせて解明することが課題として残されている。

2. 研究の目的

水泳の基本動作「けのび」は, 初心者からオリンピック選手に至るまで, 重要課題となっている。それは, けのびで抵抗を小さくする技術は各種泳法やターン動作の基礎であるため, その巧拙が泳法の習熟速度や競技成績に直結するためである。本研究は, 画像と力発揮, 感覚的気づき等のバイオメカニクスの視点から, けのびの巧拙の原因と泳ぎへと発展させていく動作の習熟過程を検討することにより, 水泳指導に有用な知見を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 被検者

被検者は, 初心者として競技歴のない大学男子6名(年齢: 19.9 ± 1.0 yrs, 身長: 172.1

± 7.2 cm, 体重: 67.3 ± 9.4 kg), 女子7名(年齢 20.4 ± 1.2 yrs, 身長 158.2 ± 5.6 cm, 体重 53.5 ± 7.8 kg), 熟練者として, 大学水泳部所属の女子20名(身長 163.6 ± 3.6 cm, 体重 56.3 ± 3.7 kg, 競技歴 11.5 ± 1.8 yrs), 男子熟練者は, 大学水泳部所属の17名(身長 173.5 ± 5.2 cm, 体重 65.4 ± 6.7 kg, 競技歴 10.8 ± 2.5 yrs)であった。エリート選手は, 大学生男子16名(年齢: 20.4 ± 1.0 yrs, 身長: 176.2 ± 4.0 cm, 体重: 67.7 ± 4.6 kg, 競技歴 16.0 ± 2.1 yrs), 大学生女子20名(年齢 19.4 ± 1.3 yrs, 身長 163.6 ± 3.6 cm, 体重 56.3 ± 3.7 kg, 競技歴 11.5 ± 1.8 yrs)あった。

(2) 画像撮影及び解析

VTR 画像は, Sony 社製デジタルビデオカメラ(DCR-TRV 20, 60Hz)を用い, 被検者の右側方の水中窓から撮影された。撮影した VTR 画像はコンピュータ画面と合成し, 身体各部の6点のリファレンスマーク及び6つの較正点の座標を読み取り, 身体各部の実長換算を行った。画像解析は, DKH 社製 Frame DIAS II ver.2.7 を用いて身体各部の23点を60Hzでデジタイズし, 3点移動平均による平滑化データを算出した。解析範囲は, つま先着壁時点(以降, 接地時)の5フレーム前からつま先離壁時点(以降, リリース時), つま先離壁後0.5s時点(以降, 0.5s時)を経て, 頭頂点の5mライン到達後5フレームまでとした。

(3) 力発揮及び分析

壁を蹴る力の測定には、自作の水中フォースプレートが用いられた。水中フォースプレートは、2枚のステンレス鋼板（縦500mm、横500mm、厚さ8mm）で4個のステンレス鋼製荷重リング（幅30mm、外径84mm、厚さ8mm）を挟んだものである。それぞれの荷重リングには、表裏2カ所、合計4カ所に防水ストレインゲージ（KFW-5-C1-16 L500、共和電業製）を貼付け、4ゲージ法によりリングに生じる圧縮歪みを検出できるようにした。これら4つの荷重リングに生じる力の総和を、フォースプレートに生じる応力として測定した。なお、フォースプレートの性能試験を実施した結果、フォースプレートに作用する力とストレインアンプから出力される電圧との間に高い直線性が認められた。けのびによる力発揮は十分にウォーミングアップを行わせた後、各被検者3~5回行わせ、その平均値を求め代表値とした。フォースプレートからの電気信号は、ストレインアンプ（三栄測器製、6M82）にて増幅され、MacLab/8s（ADI社製）でAD変換された。ビデオ画像と力発揮のデータの同期は、画像の支持脚接地時と力発揮のデータの立ち上がり時で行った。



図1. 力発揮の測定

分析項目は、重心移動軌跡、リリース時の重心移動速度（以下、初速度）、リリース後0.5s時の重心移速度（以下、0.5s時の速度）、初速度と0.5s時の速度比率（以下、減速度）、接地位置、重心投射角度（以下、投射角）、接地からリリースまでの所要時間（以下、所要時間）、ピーク値及び力積で構成された。重心移動速度はリリース時及び5コマ後の重心点までの移動距離を時間微分することによって求めた。

4. 研究成果

（1）けのび動作の画像解析と力発揮の横断的検討

まず、けのび動作の特徴と壁を蹴る力の様相について、VTR画像及び水中フォースプレートを用いて検討した。その結果、到達距離が大きい被検者の力発揮パターンは、接地から一旦、体重と同程度で横這いとなり、ピーク値を迎える二峰性を示した。それに対して、到達距離が小さい被検者は接地からの立ち上がり急な一峰性を示し、ピーク値にばらつきがみられた。

次に、大学男子および女子熟練水泳選手との比較により性差を検討した。その結果、到達距離は女子の方が有意に大きかった。しかし、減速度、投射角度、リリース時及び0.5s時の重心位置には男女間に有意差がみられなかった。これは、壁を蹴り出す前後の姿勢及び速度変化に差がないことを示すものである。一方、力発揮の所要時間、ピーク値及び力積では、男子の方が有意に大きな値を示した。このことから、男子は女子に比べ力の大きさや壁を押している時間を長くし、到達距離を大きくしていることが伺われた。しかし、男子に有利なこれらの要因よりも、身体組成、特に女子の体脂肪に由来する水中トルク（重心と浮心によるローテーション）が女子に有利に作用するため、到達距離では女子の方が大きくなったと考えられた。

大学男女エリート選手、熟練者および初心者の結果から、どのくらいの水深で、どの方向に、どのくらいの時間壁を押し、どのくらいの速さで蹴り出し、どのくらいのパワーを発揮したかを考察した。その結果、熟練者は男女とも初心者に比べ、投射角度を除いて全ての値が大きかったことから、初心者より深い位置に接地し、長く速く壁を押し

て大きなパワーを得ていることがわかった。しかし、蹴る方向が上下に不安定であった。また、エリート選手は男女とも熟練者と同じか、若干浅い位置で接地し、短く速く壁を押し、蹴る方向は水平よりわずかに下方で安定していた。従って、けのびでは全身を沈め、壁を蹴る方向を水平よりわずかに下方へ、すばやく蹴って大きなパワーを得る重要性が示唆された。

男女全体でけのびの到達距離と有意な相関があった項目は、身長、初速度、0.5s時の速度、減速度、接地位置、投射角度であり、男女双方ともにけのびの到達距離と有意な相関がみられなかった項目は力積及び体表面積であった。このことから、けのびの到達距離には、体長、各移動速度、接地位置及び投射角度の要因が関係すると思われるが、壁を蹴るパワーは到達距離に影響しないと考えられた。

一方、動作認識では、男女ともに一致したけのびの各動作局面の認識を時系列の順に並べると、「全身を水中に沈め、“ため”を作って顎を引き、蹴った後、膝を曲げない」となり、感覚的気づきは避抵抗姿勢と密接な関係にあると考えられた。

(2) けのび動作の力発揮と認識の縦断的検討

大学男子初心者6名、女子7名を対象としてけのびの練習(1日1時間を7日間)を行わせ、その前後の動き、力発揮及び感覚の気づきの変容過程を検討した。その結果、壁を蹴る時間は男女ともに有意に増大し、到達距離と力積との間には有意な相関がみられた。このことから、初心者は壁を蹴る時間を長くし、力積を大きくして到達距離の増大を図っていることが明らかになった。しかし、初心者、熟練者及びエリート選手全体では、到達距離と力積の間に有意な相関がみられなかった。従

って、力積が大きくても必ずしも到達距離の増大に結びつかないと考えられた。

一方、動作認識については、推進力に関わる手や足の「動き」に関する認識は比較的容易であるが、「腰が落ちたり、出たりしていないか」「腰と首の力が抜けているか」など、

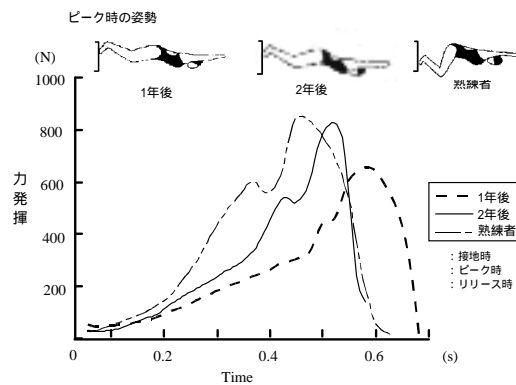


図2. 壁に対する力発揮の変化 - 接地時からリリース時まで -

体幹回りの動作認識や力感の認識は難しいことがわかった。

また、大学女子初心者1名を対象に2年間の練習前後における変化を、けのびの動作解析及び動作認識に関する質問紙調査の両面から追跡した。その結果、重心速度と壁を蹴る時間の増大、投射角度が水平に近づくなどの効果がみられたが、接地時の腰・膝関節の屈曲が十分でなく、力発揮が接地から一旦、体重と同程度の横這いとなる「ため」動作がみられなかった(図2)。

以上のことから、男女初心者の練習によるけのび動作の上達は、1) 壁を蹴る時間を長くする、2) 力積を大きくする、3) 接地時に腰を曲げ、リリース時に腰を伸ばし、4) 重心移動速度を大きくすることによって達成されることがわかった。しかし、初心者、熟練者及びエリート選手全体では力積と到達距離の間に有意な相関がみられなかったことから、力積が大きくても必ずしも到達距離の増大に結びつかないことが示唆された。

残された研究課題としては被検者が主と

して大学生に限られたため、より一般化する
には発育発達を視野に入れた取り組みとし
て小学生，中学生及び高校生を対象に調査，
実験を行う必要がある．また，縦断的な追跡
対象として人数を増やすことや，練習（トレ
ーニング）期間を長くすることである．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

1. 合屋十四秋・野村照夫・松井敦典 (2008)
男子水泳選手におけるクロール泳の速度出
力調整と動作との関係．トレーニング科学，
20：31-40．査読あり．
2. 合屋十四秋・野村照夫・松井敦典・小山
田早織 (2008) けのび動作の力発揮と前方牽
引による受動抵抗・大学女子熟練泳者と非熟
練泳者の比較．愛知教育大学研究報告 57：
11-16. 査読なし．
3. 合屋十四秋・松井敦典・杉浦加枝子 (2006a)
大学生男女初心者のけのび動作における力
発揮と認識の変容．スポーツ方法学研究，
19：31-44．査読あり．
4. 合屋十四秋・野村照夫・松井敦典 (2006b)
けのび動作の力発揮と前方牽引による受動
抵抗との関係．愛知教育大学研究報告，55：
21-25．査読なし．

〔その他〕(計2件)

学位論文 (教育学博士)

1. 合屋十四秋 (2008) 水泳の基本動作「け
のび」の巧拙と習熟過程に関するバイオメ
カニクス的研究，広島大学，1-218.
2. 合屋十四秋 (2008) 水泳，第4章1 着
衣泳とサバイバルテクニク．柴田義晴ほか
編，デジタル版中学校体育スポーツ教育指導
法講座，二チブン，p4.

6．研究組織

(1)研究代表者

合屋 十四秋 (GOYA TOSHIAKI)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90109372

(2)研究分担者

野村 照夫 (NOMURA TERUO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：60189438

松井 敦典 (MATSUI ATSUNORI)

鳴門教育大学・学校教育学部・准教授

研究者番号：40190384

高木 英樹 (TAKAGI HIDEKI)

筑波大学・人間総合科学研究科・准教授

研究者番号：80226753

下永田 修二 (SHIMONAGATA SHUJI)

千葉大学・教育学部・准教授

研究者番号：12501101

寺本 圭輔 (TERAMOTO KEISUKE)

愛知教育大学・教育学部・講師

研究者番号：70362308