

科学研究費助成事業(科学研究費補助金)研究成果報告書

平成24年5月7日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究 C

研究期間：2009～2011

課題番号：21500589

研究課題名(和文) 水泳の基本動作「けのび」の巧拙と運動感覚情報の数量化

研究課題名(英文) Biomechanical and total body awareness analysis during glide swim from beginner to elite.

研究代表者 合屋 十四秋 (GOYA TOSHIKI)

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(和文)：

水泳の基本動作、けのびの力発揮と画像解析を合わせて初心者からエリート選手まで調べた。同時に、どのような身体の使い方を意識しているのか、動作認識のアンケート調査と統計処理を行った。その結果、(1) 中学・高校生段階のけのび動作では身体の一部の認識は容易であるが、体幹などの身体全体の認識は難しかった。(2) 大学生では、けのびの到達距離に影響を及ぼすと思われる主要局面の限られた身体的一部分に動作認識が集中していた。(3) 熟練度が増すに従ってけのびの準備局面や主要局面の動作認識と力発揮との関係が深くなった。以上のことから、動作認識と力発揮の双方の要因がけのびのパフォーマンスに大きな影響を与えると思われ、スポーツ場面における感覚情報と実際の動作を交互に組み合わせてトレーニングする必要性が確認された。

研究成果の概要(英文)：

The purpose of this study is 1) to investigate how the swimmer should acquire the stream-lined position by using Video Motion Analyze System connected to an under-water force plate, and 2) to clarify the optimal body awareness during glide swim by use of questionnaire and dual scaling analysis. As a result of this study, 1) It's more difficult to recognize the body trunk than that of partial body in junior and high school swimmers. 2) The more grade up the training exercise, the more recognize the major part of body image which should affected the distance for glide swim. 3) It could be suggested that both the magnitude and direction of the force and the recognition for total body image during glide swim

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,800,000	840,000	3,540,000

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：水泳基本動作 けのび 画像解析 力発揮 技能レベル 運動感覚情報 定量化 バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

運動技術の遂行にはバイオメカニカル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が存在する。従って、これらの運動感覚情報（感覚的気づき、または動作認識）によって、学習者がどのように動きや運動の構造を理解し、技術を向上させていくのかを横断的および縦断的に明らかにしていく必要があった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、以下の3点を目的とした。

第1点目は、初心者、熟練者を対象としたこれまでの研究成果に加え、エリート選手のけのびの力発揮、画像解析を行い、けのび動作の巧拙をどのように獲得しているのかを検討する。2点目として、水中の動きとあわせて運動感覚情報との関連を中学生、高校生およびエリート選手を対象として、キネマティック・キネティック情報および運動感覚情報のマッチング度合を探ることとした。最後に、中学生、高校生、大学選手を対象として、けのびの到達距離および力積と姿勢などの感覚評価（動作認識）の対応を双対尺度法を用い、熟練度によってどのように変容するかを各局面ごとに検討することであった。

3. 研究の方法

被検者は中学生男女28名、高校生男子22名、大学生エリート男子16名および女子20名、計86名を対象とした。

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10.7m（女子18.0m）離れた水中窓から撮影した。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（肩峰点、肘関節中心、手首、大転子、膝関節中心、外果）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でデジタル化し、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。

アンケート調査は、チェックリストによる泳ぐ動作の認識を高める手法（高橋・古橋1984）、村川ら（1987）の速く泳ぐことと感覚的言語に関する質問紙法および競泳4種目のチェックリストによる動作と気づきの質問

紙法を参考にして作成された。アンケート内容は、準備局面（足が床から離れ、壁に着くまで）6項目、接地局面（壁が足に着く）7項目、主要局面（足が壁から離れる時以降の動作）6項目の3局面に分類された。

けのび動作の認識に関する情報は、動作の認識度合いが異なり、評価スケールも名義尺度としての意味は持つものの序列や間隔は一定ではない。この認識度合いと評価スケールの両方に重み付けを行い、動作認識の特性を明らかにし、解釈する必要がある。そこで、けのび動作の構造的関連を検討するために、認識度合いの評価度数分割表に双対尺度法を適用した。

双対尺度法は、評価スケール（X）と動作認識（Y）における運動課題ごとの平方和と全平方和の比である相関比の2乗（ η^2 ）が最大になるようにXとYの重み（最適ベクトル）を求める手法である（西里1982）（門林ら1999）。第1最適解を求めた後、この解の影響を除いた残差に対して同様にXとYの重み（第2解）を求めた。第1解と第2解による2次元座標から各軸を解釈した。また、双対尺度化した重みX,Yと重みづけられた反応の平均値 X^* , Y^* は、直線上に布置され、評価スケール間、動作認識間の弁別が最大になることから、運動課題の評価スケール上の位置を検討した。

また、けのびにおける3つの局面ごとに、動作認識項目の平均値が直線上に布置されるように動作認識項目と評価スケールの両方に重み付けをし、「はい」を原点とした時の座標間の距離を求めた。この距離を重みとした総得点とけのびの到達距離、力積および体重当たりの力積との相関係数を求めた。

なお、水中フォースプレートによって得られたけのびの力積値はこれまでの研究結果を利用した。

4. 研究成果

本研究の結果、到達距離が大きかった男女エリート選手の接地位置は、0.32~0.37m、初速度は2.7~3.0m/s、投射角は-1.6~-2.0°、所要時間は0.44~0.47s、ピークフォースは863N~1170N、力積は198N・s~272N・sであった。Takahashi et al. (1983)は、男子エリート及び初心者のピークフォースは約800N、初速度は2.7~3.07m/sであったと報告している。また、Daniel et al. (2002)は、けのび時の力積、所要時間及び初速度を成人男女各1名について求めた結果、男子（Ht:

189cm, Wt81kg) はそれぞれ 302~304N・s, 0.48s, 3.31m/s, 女子 (Ht: 167cm, Wt: 67kg) はそれぞれ 169~194N・s, 0.23~0.33s, 2.65m/s であったと報告している. これらの結果には, 接地位置についての先行研究は報告されていないが, 初速度, 投射角, 所要時間, ピークフォース, 力積の値は, ほぼ本研究の男女エリート選手の結果と一致した. すなわち, けのびによる避抵抗姿勢を保ち, 12m以上の到達距離に達する本研究のエリート選手の値はけのびパフォーマンスの最適水準にあると考えられた.

一方, けのびの到達距離に影響を及ぼすと考えられる身体特性及び各測定項目には性差がみられることが伺われた. 特に, 男子は体重, 速度, 力積及び体表面積と相関があったことから, 初心者からエリート選手までけのびの到達距離は体型, 速度及び力発揮との関連が大きいのではないかと思われた. 女子では, 到達距離と力積及び体表面積との相関がみられず, 速度や接地位置, 投射角など技術的な要素が関与することから, 初心者からエリート選手まで体表面積や力積はけのびの到達距離に影響を及ぼさないのではないかと思われた. しかし, 性差や体格及び体表面積の違いによって自己推進時抵抗に影響を与えるかどうかはまだ明らかになっていない. 本研究の結果は受動抵抗による結果である. 高木ら (1997), 下永田ら (1998) との条件の違いを考慮し, さらなる詳細な検討が必要である.

初心者, 熟練者およびエリート選手のけのびによる力発揮, 力積, 壁を蹴る時間, 重心移動速度 (0.5s 時) および投射角の巧拙の変容を横断的および縦断的に検討した. その結果, 初心者は壁を蹴る時間を長くして力積を大きくし, 到達距離の増大を図っていた. 熟練者は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が, 蹴る方向が上下に不安定であった. エリート選手は熟練者と同じか, 若干浅い位置で接地し, 短時間で壁を押して大きなパワーとスピードを得, 水平よりわずかに下方に蹴り出し, 0.3~0.4m の水深を安定して進んでいることがわかった.

次に, 水泳の基本動作「けのび」を習得し, 発展させていく過程において, 何を手がかりとしながら自己の身体操作能力を高めるかを, 力発揮及び動作認識の視点から検討した.

その結果, 中学生の準備期, 接地期, 主要局面のすべての第1解および第2解である身体の一部の動作認識は「はい」に近く, 身体全体の動作認識は「いいえ」に近かった. また, 重みづけの結果より, 「上体と腰の安定」と「身体を水平に押さえているか」は「いいえ」または「どちらでもない」に近かった. このこ

とから中学生のけのびにおける身体全体の認識は, 身体の一部の認識に比べて容易ではないことが伺えた. これは陸上運動 (星野 1982) および水中運動 (合屋 1997) の動作認識に関する研究結果と一致した. また, 高校生の準備期, 接地期, 主要局面のすべての第1解および第2解と重みづけの結果は, 中学生とほぼ同じ結果であったことから, けのびにおける身体全体の動作認識は身体の一部に比べ認識することが難しいと解釈された. 従って, 中学・高校生段階のけのび動作では身体の一部の認識は容易であるが, 体幹などの身体全体の認識は難しいことが示唆された. 水中運動とは異なるが, 同じ並進運動である陸上運動でも同様の認識傾向が報告されている (星野 1997) (星野 1998).

一方, 大学生では動作認識の構造と重み付け評価は, それぞれ3つの局面ごとに異なった結果となった. 準備期では身体の一部の認識はさほど大きくなく, 上体と腰の安定を意識した結果となった. 接地期では肩幅で接地することだけに重点を置き, 上体や腰の安定は意識していないことがわかった. このことから, 準備期および接地期では身体のある限られた部分のみに集中し, 体幹部分はそれほど重要視していないように思われた. 主要局面では, 「膝が曲がっていないか」「顎が出ていないか」に重点が置かれ, 「耳を挟む」「上体と腰の安定」などは意識していない結果となった. 熟練度が高くなると, けのびの到達距離に影響を及ぼすと思われる主要局面の限られた身体の一部に意識が集中することが伺われた. 以上のように大学生の結果は, 3つの局面を通して中高生と全く逆の傾向を示した. すなわち, 熟練度の高い大学生のけのび動作認識は, 主要局面において身体の一部に意識を集中しているが, その他の局面では身体全体はそれほど意識していないパターンであることが明らかになった.

また, 重み付けされた総得点とけのびの到達距離, 力積および体重当たりの力積との相関係数を求めた. その結果, 中学生のけのびの3局面での総得点と到達距離, 総得点と力積および総得点と体重当たりの力積との相関は, すべての局面において有意差は見られなかった. しかし, 高校生では準備期の総得点と到達距離との間に 5%の有意差がみられ, 総得点と体重当たりの力積は主要局面で有意差はなかったもののその傾向が見られた. また, 大学生では主要局面での総得点と力積との間に 0.1%, および体重当たりの力積との間に 1%の有意差が見られた. けのびの到達距離は中学生から大学生になるに従って大きくなり, 力積との相関がみられる (合屋ら 2010). この熟練度が増すに従って準備局面や主要局面の動作認識と力発揮との関係が有

意になることは、この双方がけのびのパフォーマンスに少なからずとも影響を与えていると考えられる。動作認識の質問項目に「はい」と答えているのはその動作が「できる」と認識されており、到達距離および力学量としての力積もそれに伴って大きくなると考えられる。このことは、バイオメカニカル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のずれが埋まっていくことを示唆している。しかし、技能が向上するから動作認識が高まるのか、動作認識が高まるから技能が向上するのかは今後さらに深めていくべき興味ある研究課題である。

総括

初心者、熟練者およびエリート選手のけのび動作の巧拙を画像解析・力発揮データと、双対尺度法を用いた動作認識のアンケート調査結果との関係性が習熟度によってどのように変容するかを検討した。結果は以下のよう

- (1) 到達距離と身体特性及び各測定項目には性差がみられ、男子は体型や力発揮の要素が、女子は技術的な要素が到達距離と有意な関係にあった。
- (2) 初心者は壁を蹴る時間を長くして力積を大きくし、到達距離の増大を図っていた。熟練者は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が、蹴る方向が上下に不安定であった。エリート選手は熟練者と同じか、若干浅い位置で接地し、短時間で壁を押して大きなパワーとスピードを得、わずかに下方に蹴り出し、0.3~0.4mの水深を安定して進んでいた。
- (3) 中学・高校生段階のけのび動作では身体の一部の認識は容易であるが、体幹などの身体全体の認識は難しい。
- (4) 大学生では、けのびの到達距離に影響を及ぼすと思われる主要局面の限られた身体の一部に認識が集中していた。
- (5) 熟練度が増すに従ってけのびの準備局面や主要局面の動作認識と力発揮との関係が深くなった。
- (6) 動作認識と力発揮の双方の要因がけのびのパフォーマンスに大きな影響を与えていると思われ、スポーツ場面における感覚情報と実際の動作を交互に組み合わせてトレーニングする必要性が確認された。

しかし、技能が向上するから動作認識が高まるのか、動作認識が高まるから技能が向上するのかは今後さらに深めていくべき興味ある研究課題である。

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)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Moran,K.,Goya,T.,Matsui,A.,Shimonagata,Sほか6名(2012) Can You Swim? An Exploration of Measuring Real and Perceived Water Competency. International Journal of Aquatic Research and Education,6:122-135. 査読あり。
- ② 合屋十四秋・野村照夫・松井敦典(2012) 双対尺度法によるけのびの感覚情報動作認識と力発揮情報との関係。愛知教育大学研究報告, 27:35. 査読あり。
- ③ 合屋十四秋・寺本圭輔・松井敦典・下永田修二・土居陽治郎・ケビン・モラン(2011) 水泳および水中安全能力の実際とその認識。愛知教育大学研究報告, 60:35-46. 査読あり。
- ④ 合屋十四秋・松井敦典・杉浦加枝子・高木英樹(2010) 初心者、熟練者及びエリート選手のけのび動作と力発揮の横断的検討。愛知教育大学研究報告, 59:19-27. 査読あり。

[学会発表] (計5件)

- ① Goya,T.,Matsui,A.,Teramoto,K.,Shimonagata,S.,Moran,K(2011) Real and perceived swimming ability, perceptions of drowning risk among Japanese university students. World Conference on Drowning Prevention, Danang, Vietnam.5月11日
- ② Matsui,A.,Minami.T.,Goya,T(2011) History of swimming education at school in Japan which influenced Japanese swimming ability. World Conference on Drowning Prevention, Danang, Vietnam.5月11日
- ③ Moran,K.,Stallman.R.,Blitvich.J.,Goya,T(2011) The 'Can you swim?'project : An international feasibility study of real and perceived swimming competency in the context of drowning prevention. World Conference on Drowning Prevention, Danang, Vietnam.5月11日
- ④ 合屋十四秋・松井敦典・寺本圭輔(2010) 水泳教育と学習指導内容の再考―「泳げる」ことよりも「溺れない」ことに注目して―。第61回日本体育学会大会体育科教育分野, 中京大学. 9月9日
- ⑤ 合屋十四秋(2009) 水泳教育とバイオメカニクス. 第60回日本体育学会大会バイオメカニクス専門分科会シンポジウム, 広島大学. 8月26日

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

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
期間：2009～2010 (→2011 連携研究者)
下永田 修二 (SHIMONAGATA SHUJI)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号：12501101
期間：2009
寺本 圭輔 (TERAMOTO KEISUKE)
愛知教育大学・教育学部・准教授
研究者番号：70362308
期間：2010

(3) 連携研究者

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
期間：2011