

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

合屋十四秋・松井敦典・杉浦加枝子

スポーツ方法学研究 第19巻 第1号 抜刷

2006年3月10日 発行

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

Changes of forces, image and awareness on gliding motion in male and female beginner varsity swimmers

合 屋 十四秋 (愛知教育大学保健体育講座)

松 井 敦 典 (鳴門教育大学生生活・健康系)

杉 浦 加枝子 (江戸川区立江戸川小学校)

Toshiaki Goya*

Atsunori Matsui**

Kaeko Sugiura***

Abstract

In this study, we analyze the gliding form by using a digital video camera system connected to an underwater force plate. In addition, we also examine the streamlined position of the body by considering motion analysis and the locus of the center of gravity as well as information regarding the body positions in the pre and post skill practice stages. Six male and seven female beginner varsity swimmers were employed as subjects for measuring the force and the images of the gliding motion while swimming. The experimental protocols were as follows: approximately an hour per day, twice a week, and a total practice period of around a month. The average distance covered by the gliding motion for the male swimmers was 7.5 ± 0.64 m in the pre-training stage and 8.50 ± 0.93 m in the post-training stage. On the other hand, it was 6.9 ± 0.91 m in the pre-training stage and 8.1 ± 1.52 m in the post-training stage for the female swimmers ($p < 0.05$). There were significant differences between the pre and post-practice stages with regard to the duration of push off in the male and female subjects, respectively. During the post-practice stage, the depth of the center of gravity for the male and female subjects was more apparent than that during the pre-practice stage; in addition, the angle of the hip joint appeared at a position parallel to the water surface, submerging 0.5 s after kick off. Moreover, the awareness of the body position during the gliding motion showed greater values when compared with that of the pre-practice stage. The body position of the male and female swimmers, particularly during the contact phase and after the kick off phase, exhibited deeper submerging with a streamlined position. These findings support the notion that it might be beneficial for beginner swimmers to perform the gliding motion underwater at a depth of around 0.4 m in order to reduce the vortex drag efficiently.

Key words: gliding motion, image analysis, underwater force plate, awareness of body position, beginner varsity swimmers, skill practice, streamlined position

けのび, 画像解析, 水中フォースプレート, 動作認識, 大学生初心者, 練習, ストリームライン

*Aichi University of Education

**Naruto University of Education

***Tokyo Edogawa elementary School

I. はじめに

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、あるいはスタートおよびターン後の水中でのストリームラインを作るために用いられる重要かつ基本的な動作である(高木, 1993; 下永田ら, 1998; 田場ほか, 2000). これまで、けのび動作については、モデルによる解析(土居ら 1985), 大学生女子初心者(合屋ら 2000, Goya et al. 2002), 同男女中等度熟練者(合屋ら 2001), 同熟練泳者の性差(杉浦ら 2004)などが報告されている。また、大城ら(2000)は、体育専攻の大学生女子18名を対象として授業の内容にけのびの練習を取り入れた結果、受動抵抗の減少や泳速度の向上に効果がみられたと報告している。しかし、初心者については、大学生女子1名のみを対象としているため、事例研究の域にとどまっている。従って、初心者のけのび動作の実態を明らかにし、練習によるけのび動作の変化や認識の変容を検討することは、指導する上で貴重な判断材料となり得る。

一方、牽引による受動抵抗および自己推進時抵抗についての研究は、従来より数多く報告されてきた(Nomura et al., 1993; 下永田ら, 1998; 1999; 田場ら, 2000). これは、人体が水中を移動する場合に、最も効率的に推進するにはストリームライン姿勢(けのび姿勢)での水抵抗が大きな鍵を握っているためである(高木ら 1997, 2001). この場合、牽引によって引っ張られるときの水抵抗である受動抵抗と、泳者が自らの推進力で進む場合の水抵抗である自己推進時抵抗の2つに大別される(下永田ら 2001). 本研究でのけのび動作は前者の場合に匹敵するが、この動作は、初心者からトップスイマーに至るまで、共に共通した能力評価基準として位置づけることができる(野村 2004). すなわち、この動作ひとつだけ見ればその泳者がどれくらいの技術レベルであるかを一瞬にして見抜けるからである(高木 2001).

けのび動作は、水中において足を床から離し、壁を蹴ってから浮き上がるまでの一連の動作であ

る。手先から指先までを真っ直ぐに伸ばすことにより、抵抗を受けにくい流線型の姿勢をつくることができ、泳法を体得する上でも重要な要素となる(土居ら 1985). 高橋(1983)は、けのび動作の到達距離を長くするためには、リリース後の前面抵抗を小さくすることが有効であると指摘している。また、柴田(1992)は、熟練者と非熟練者にけのび動作を行わせた。その結果、熟練者はグライド時の身体各部の関節角度が一直線であり、蹴り出し時から蹴り出し後の足関節部の速度が大きく低下しなかったと報告している。このことから、水面を進むグライド姿勢だけでなく、それまでに至る蹴り出し時の動作に着目する必要性が示唆された。同様に、合屋・杉浦(2000)もリリース後のストリームラインのみでなく、壁を蹴るまでの準備動作にも着目する必要性を説いている。しかし、複数名に一定期間の練習を行わせ、その前後のけのび動作やそれに対する気づきの変化を検討したものはほとんど見られない。また、4泳法の練習前後の動作認識の変容について水中運動の動作認識(合屋 1997)や、実際の動きとのマッチングを解明することの重要性(合屋 2000)も指摘されている。

そこで本研究では、大学生男子初心者7名および女子6名を対象とし、けのびの練習によって動きや感覚の気づきなどがどのように変容していくのかを練習前(pre)と練習後(post)の変化を画像解析、力発揮および質問紙法を用いて検討し、実践的な指導やコーチングの指針を提示することを目的とした。

II. 研究方法

被検者は、初心者として競技歴のない大学生男子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)を対象とした。本研究の目的や方法などを事前に被検者に十分説明し、実験への参加の同意を得た。また、実施にあたって、被検者の安全や人権擁護に注意を払った。練習の効果を見るためにpreおよびpost

実験を行った。期間は7日間とした。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14.5m離れた水中窓から撮影された。表1に練習の内容を示した。けのびの練習を主として、その結果が反映される平泳ぎの初歩までとした。練習は、1日1時間とした。また、毎回練習終了時には、ゴムチューブを用いたSprint Assisted Methodでストリームライン姿勢の牽引を行った。基本練習は、平泳ぎの練習を部分練習、全体練習に分けて行った。部分練習は「けのび動作」「上肢動作（プル動作、呼吸動作）」「肢動作（キック）」であり、全体練習は「コンビネーション」であった。

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（肩峰点、肘関節中心、手首、大転子、膝関節中心、外果）および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、爪先着壁時点（以降、接地時）の5フレーム前から爪先離壁

時点、（以降、リリース時）、爪先離壁後0.5秒時点（以降、0.5sec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。これは先行研究（合屋ら2005）と同一条件であり、比較検討することができるためである。

壁を蹴る力の測定は、自作の水中フォースプレートが用いられた（図1）。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、表裏それぞれ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）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

表1 練習内容

トレーニング内容		実施日数						
		1	2	3	4	5	6	7
水慣れ	・だるま浮き	○						
	・くらげ浮き	○						
	・伏し浮き	○						
	・背浮き	○						
	・とびつきけのび	○						
	・ストリームライン	○						
	・けのび	○	○	○	○	○	○	○
平泳ぎキック	・陸上キック		○	○	○			
	・腰かけキック		○	○	○			
	・壁つきキック		○	○	○	○	○	○
	・板キック			○	○	○	○	○
	・板つき上向きキック					○	○	○
	・板なし上向きキック					○	○	○
平泳ぎ	・歩行しながらプル				○	○	○	○
	・スイム					○	○	○
	・							
	・チューブによるけん引	○	○	○	○	○	○	○

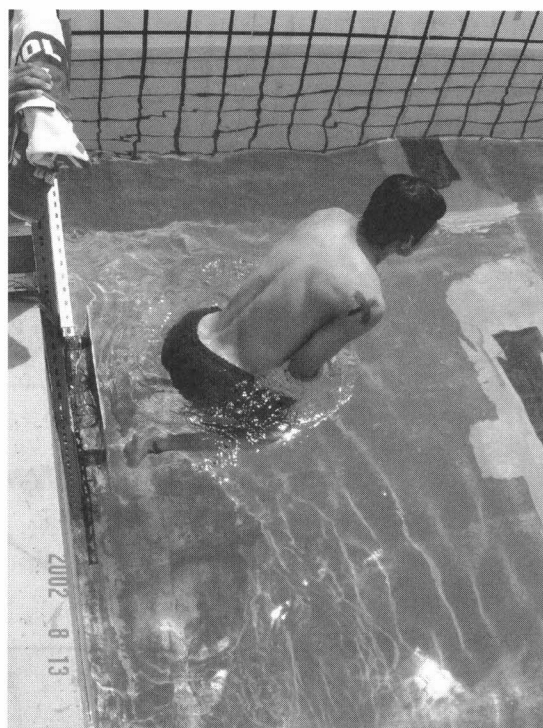


図1 けのびと力発揮の測定

圧との間に高い直線性が認められた(図2)。けのびによる力発揮の実験試技は各被検者5回とし、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。

分析項目は、重心移動軌跡、リリース時の重心初速度(以下、初速度)、0.5sec時の重心速度、初速度-0.5sec時の速度(以下、減速度)、腰関節角度(肩峰点-大転子点-膝関節中点がなす角)、接地からリリースまでの所要時間、ピーク値、力積で構成された。重心移動速度はリリース時および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。

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 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(合屋 1997)を参考にして作成された。アンケートはPreおよびPost実験

にてそれぞれで実施された。アンケートでは、けのび動作を1)接地局面(7項目);壁に足が着いた時、2)準備局面(6項目);接地から足が離れるまで3)主要局面(6項目);足が離れ、ストリームライン姿勢をとるまでの3つの局面に分類した。各局面のアンケート内容を文末に資料として添付した。

アンケートの回答方法は下記のとおり、5段階とし主観的に回答させた。

「5. はい」→被検者が質問の「内容を理解でき動作ができています」

「4. いいえ」→「内容を理解できているが動作できていない」

「3. どちらともいえない」→「動作ができるかもしれない」

「2. 意味がわからない」→「質問自体を理解できない」

「1. 意識したことがない」→「質問の内容は理解できるが、意識したことがない」

測定値はすべて平均値±標準偏差とし、平均値の差の検定は対応のあるt検定を用い、危険率5%以下を有意差ありとした。

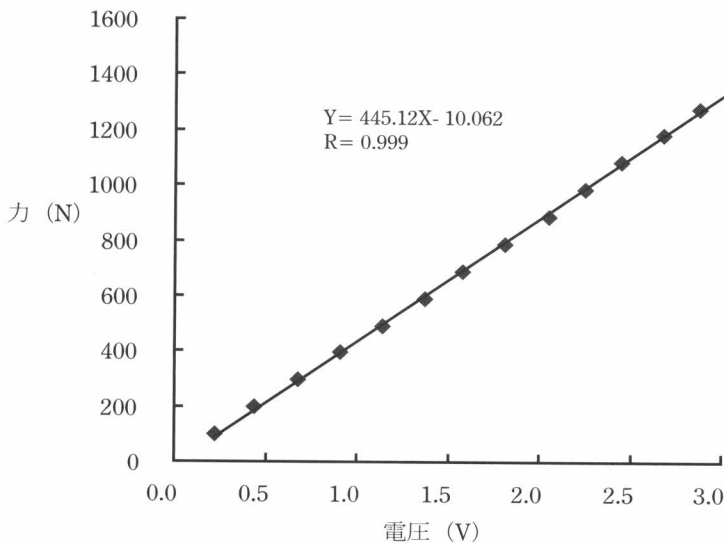


図2 フォースプレートのキャリブレーション

Ⅲ. 結 果

1. けのび動作の変化

男子の到達距離はpreでは $7.50 \pm 0.64\text{m}$, postでは $8.50 \pm 0.93\text{m}$, 女子ではそれぞれ, pre $6.9 \pm 0.91\text{m}$, post $8.1 \pm 1.52\text{m}$ であった. pre, postとの間には, 男女ともに有意な差がみられた ($p < 0.05$).

男子のリリース時の初速度は, preが $2.46 \pm 0.26\text{m/s}$, postが $2.58 \pm 0.16\text{m/s}$ であり, 女子は, preが $2.13 \pm 0.27\text{m/s}$, postが $2.34 \pm 0.20\text{m/s}$ であった. 男女ともにpre, post間に有意な差がみられた

($p < 0.01$). 男子の0.5sec時の速度は, preが $1.74 \pm 0.22\text{m/s}$, postが $1.88 \pm 0.11\text{m/s}$ であった. 女子ではpreが $1.49 \pm 0.15\text{m/s}$, postが $1.64 \pm 0.14\text{m/s}$ であった. 男女ともにpre, post間に有意な差が認められた ($p < 0.01$). また, リリース時と0.5sec時の速度を引いて求めた減速度は男子のpreが $0.72 \pm 0.27\text{m/s}$, postが $0.70 \pm 0.19\text{m/s}$ であった. 女子はpreが $0.63 \pm 0.23\text{m/s}$, postが $0.70 \pm 0.25\text{m/s}$ であった. 減速度においては男女ともに有意な差は認められなかった.

図3に男子, 図4に女子のpre, postにおける

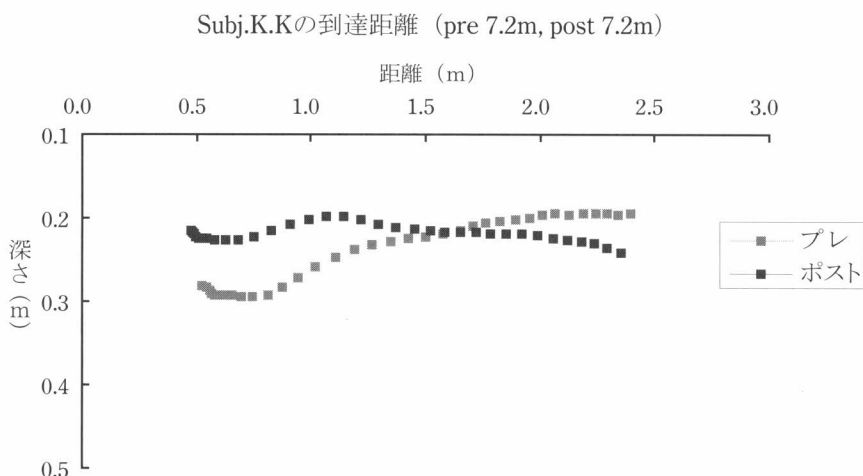
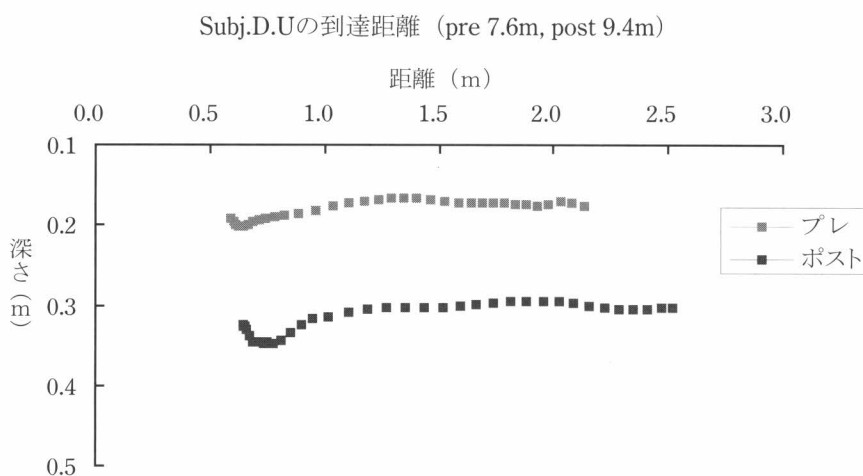
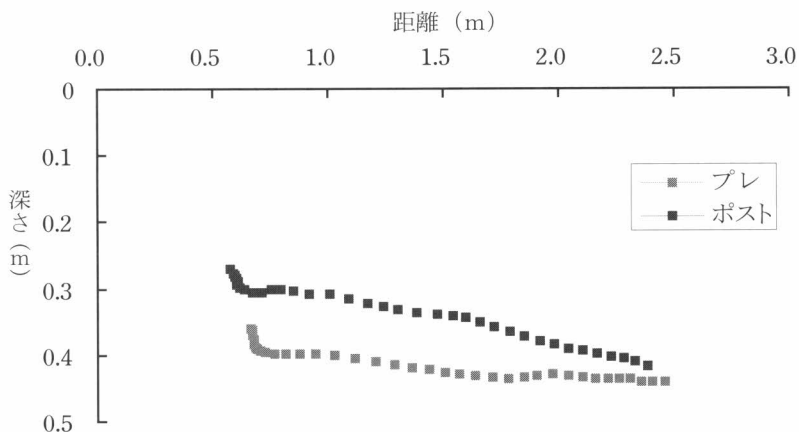


図3 男子の重心移動軌跡 (接地時から0.5sec時)

Subj.S.M.の到達距離 (pre 8.6m, post 11.4m)



Subj.T.M.の到達距離 (pre 6.4m, post 6.9m)

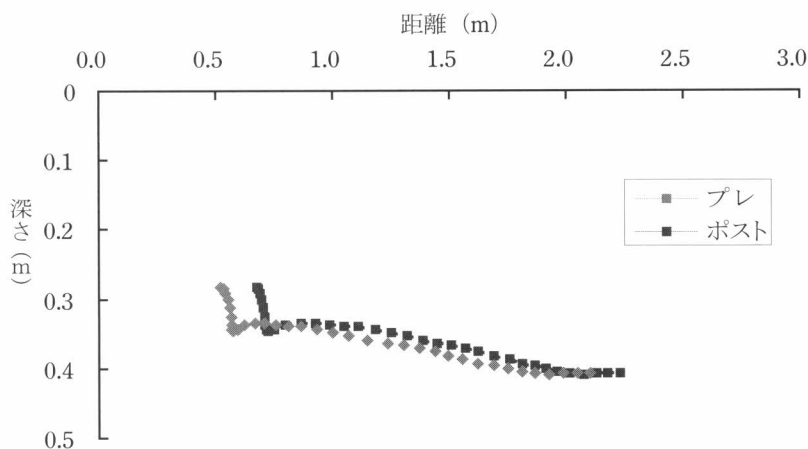


図4 女子の重心移動軌跡 (接地時から0.5sec時)

重心移動軌跡 (接地時から0.5sec時まで) を示した。上段に到達距離が最も伸びた被検者、下段に伸びなかった被検者をそれぞれ示した。男子の被検者D.Uは、preよりpostの方が、リリース時、0.5sec時ともにより深い位置での移動を行っていた。しかし、被検者K.Kは、preとpostで比較すると、ほぼ同じ深さの位置を移動していた。女子の被検者T.Mも男子被検者K.Kと同様の傾向であった。しかし、被検者S.Mは男子被検者D.Uと

異なり、postの方が浅い位置であった。

男子の接地時の腰関節角度は、pre, postそれぞれ $102.5 \pm 11.7\text{deg}$, $76.9 \pm 19.1\text{deg}$ であった。女子は、それぞれ $118.5 \pm 33.6\text{deg}$, $101.7 \pm 32.8\text{deg}$ であった。男女ともにpre, post間の腰関節角度に有意な差がみられた ($p < 0.05$)。

男子のリリース時の腰関節角度はpre ($153.1 \pm 3.7\text{deg}$) よりpost ($155.5 \pm 1.6\text{deg}$) の方が、大きくなる傾向がみられたが、有意差はみられなかつ

た。また、女子のリリース時の腰関節角度も pre (161.1±7.6deg) より post (164.9±4.4deg) の方が、大きくなる傾向がみられたが、有意差はみられなかった。

男子の0.5sec時の腰関節角度は、pre (168.5±4.8deg) より post (171.9±5.1deg) の方が、大きくなる傾向がみられたが、有意差はみられなかった。また、女子のリリース時の腰関節角度も pre (173.1±4.4deg) より post (177.4±2.2deg) の方が、大きくなる傾向がみられたが、有意差はみられなかった。

2. 力発揮の変化

図5に到達距離が最も伸びた女子被検者S.M, 図6に伸びなかった女子被検者T.Mの力発揮曲線を示した。双方ともに練習後は、ピーク値には大きな変化はなく、徐々に力を加えてピークを迎えていた。しかし、力発揮パターンの再現性が増し、作用時間が長くなる傾向にあった。男子もそれぞれ、同様な傾向を示した。接地時からリリース

時までの男子の所要時間は、preが0.4±0.1 sec, postが0.6±0.2secであり、pre, postの間に有意な差が認められた ($p<0.01$)。女子ではpreが0.40±0.09sec, postが0.43±0.10secであり、pre, postの間に有意な差が認められた ($p<0.05$)。

男子の力発揮のピーク値は、preが1132.1±220.8N, postが1151.6±210.5Nとpre, postの間に有意な差は見られなかった。女子では、preが786.9±179.8N, postが883.2±194.7Nであり、pre, postの間に有意な差が認められた ($p<0.01$)。男子の力積はpreが241.4±57.4N・s, postが261.5±95.1N・sであり、pre, postの間に有意な差が認められた ($p<0.05$)。女子ではpreが135.0±30.3N・s, postが136.3±36.6N・sと若干の増加がみられた。pre, post間の力積には有意な差は認められなかった。

図7に、女子の力積と到達距離 (pre) の関係を示した。その結果、有意な相関関係が認められ、同様に、postでは $r=0.68$ ($p<0.01$) $Y=16.3X+4.5$ と、到達距離が大きいほど力積も大きかった。男子の力積と到達距離 (pre) では $r=0.62$ ($p<0.01$)

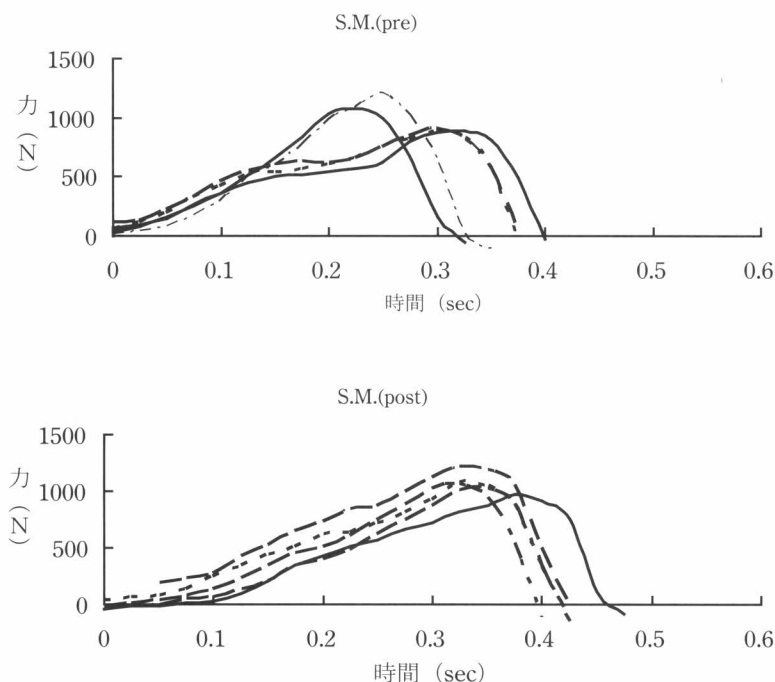


図5 到達距離が最も伸びた被検者S.M

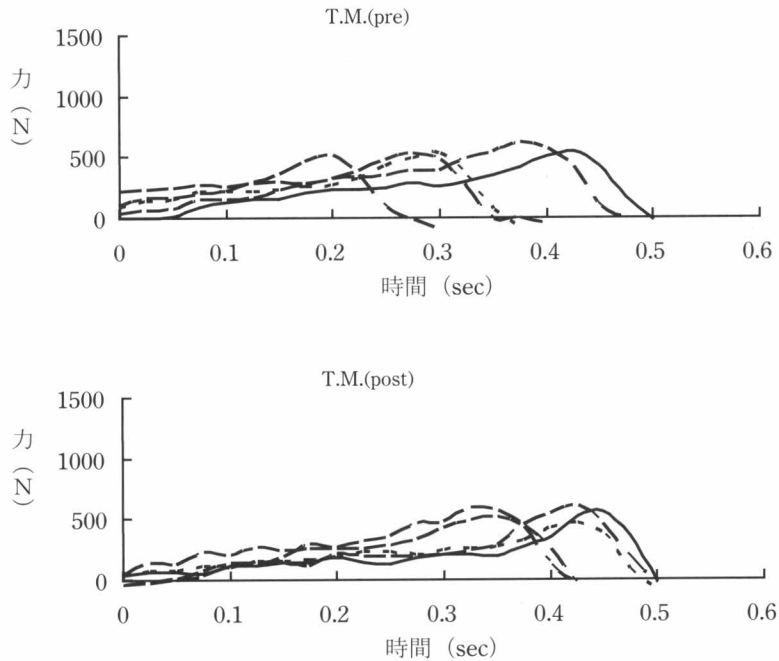


図6 到達距離が伸びなかった被検者T.M

$Y=26.4X+23.6$, およびpostでは $r=0.64(p<0.01)$
 $Y=24.5X+19.8$ と有意な相関がみられ, 女子と同じ結果を示した.

3. 動作認識の変化

表2に男子の, 表3に女子の練習前後のアンケート結果を示した. 本研究では, アンケートの回答を「はい」と答えた場合, 「内容を理解でき動作ができる」とし, 「いいえ」と答えた場合, 「内容を理解できているが動作ができない」とした. また, 「どちらともいえない」と答えた場合, 「動作ができるかもしれない」とした. 以上の様に, 質問に対する回答が明確に「はい」, 「いいえ」と答えた場合と, 明確ではないがどちらか一方であると答えている場合を「わかる」と解釈した. その結果, 男子の練習前後の認識の変化を, 図8に示した. 男子のpreでは, 「わかる」の構成比が79%であったのに対して, postでは100%となった. また, 「できる」との構成比がpreでは46%であったのに対して, postでは75%と全体的に認識の度合いが高まった. 同様に, 女

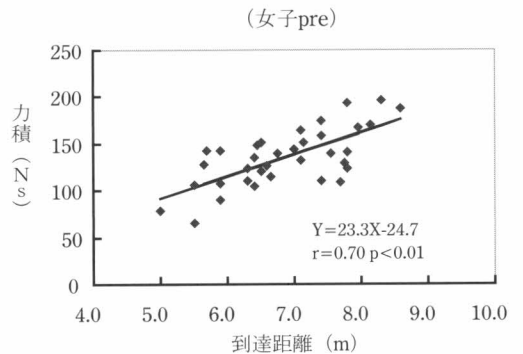


図7 到達距離と力積

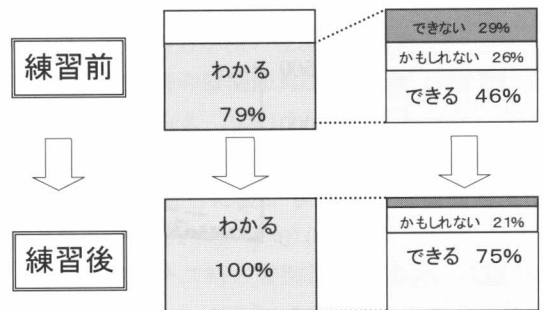


図8 男子の認識の変化

表2 男子アンケート結果

質問項目	pre					post				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
準備局面										
1 膝が開いていないか。	2	1	1	0	2	5	0	1	0	0
2 壁を蹴るときに全身が水の中に入っているか。	3	0	2	0	1	6	0	0	0	0
3 上体と腰が安定しているか。	0	3	2	0	1	5	0	1	0	0
4 肩で耳を挟むようにしているか。	2	2	2	0	0	5	0	1	0	0
5 腰と首の力は抜けているか。	1	2	1	0	2	3	1	2	0	0
6 腰が落ちたり、出たりしていないか。	1	2	2	0	1	4	1	1	0	0
接地時										
1 離地時から接地時まで水を押さえ体を水平にしているか。	2	0	2	1	1	4	0	2	0	0
2 両足の接地位置は、肩幅より開いていないか。	3	0	1	0	2	4	0	2	0	0
3 両足の接地位置は、高さが同じか。	3	0	2	1	0	4	0	2	0	0
4 膝が開いていないか。	4	0	0	0	2	5	0	1	0	0
5 壁を蹴るために「ため」をつくることができるか。	3	1	1	0	1	5	0	1	0	0
6 上体と腰が安定しているか。	1	2	2	0	1	5	0	1	0	0
7 肩で耳を挟むようにしているか。	2	2	2	0	0	5	0	1	0	0
主要局面										
1 上体と腰が安定しているか。	2	3	0	0	1	3	1	2	0	0
2 腰と首の力は抜けているか。	1	4	0	0	1	5	0	1	0	0
3 腰が落ちたり、出たりしていないか。	1	2	2	0	1	6	0	0	0	0
4 膝が曲がっていないか。	3	1	0	0	2	4	1	1	0	0
5 顎が出ていないか。	3	1	0	0	2	3	0	3	0	0
6 肩で耳を挟むようにしているか。	4	0	1	0	1	5	0	1	0	0

表の数字は、回答人数 (x/7)

表3 女子アンケート結果

質問項目	pre					post				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
準備局面										
1 膝が開いていないか。	2	4	0	0	1	2	1	3	0	1
2 壁を蹴るときに全身が水の中に入っているか。	4	1	1	0	1	4	2	0	0	1
3 上体と腰が安定しているか。	0	2	3	0	2	2	1	4	0	0
4 肩で耳を挟むようにしているか。	2	3	0	0	2	6	0	1	0	0
5 腰と首の力は抜けているか。	0	3	2	0	2	0	1	4	0	2
6 腰が落ちたり、出たりしていないか。	1	2	1	0	3	1	1	3	0	2
接地時										
1 離地時から接地時まで水を押さえ体を水平にしているか。	2	0	1	0	4	2	0	4	0	1
2 両足の接地位置は、肩幅より開いていないか。	2	1	0	1	3	4	0	0	0	3
3 両足の接地位置は、高さが同じか。	1	1	1	0	4	2	0	3	0	2
4 膝が開いていないか。	1	1	1	0	4	3	0	2	0	2
5 壁を蹴るために「ため」をつくることができるか。	0	0	3	0	4	4	1	2	0	0
6 上体と腰が安定しているか。	0	1	3	0	3	1	0	5	0	1
7 肩で耳を挟むようにしているか。	2	1	1	0	3	6	0	0	0	1
主要局面										
1 上体と腰が安定しているか。	0	1	2	0	4	1	0	5	0	1
2 腰と首の力は抜けているか。	0	2	1	0	4	2	1	1	0	3
3 腰が落ちたり、出たりしていないか。	1	1	0	0	5	1	1	3	0	2
4 膝が曲がっていないか。	4	0	1	0	2	5	0	2	0	0
5 顎が出ていないか。	3	0	0	0	4	5	0	2	0	0
6 肩で耳を挟むようにしているか。	2	1	1	0	3	6	0	0	0	1

表の数字は、回答人数 (x/7)

子では「わかる」が55.6%から82.7%、「できる」が20.3%から42.9%へと変化した。男子に比べ若干、低値を示したが、認識の高まりがみられた。図9に、女子の変化が大きかった項目、すなわち全員が「わかる」と答え、「意味がわからない」、「意識したことがない」に答えていない項目をまとめた。その内容としては、接地局面の「壁を蹴るために「ため」をつくることができるか」、準備局面の「肩で耳を挟むようにしているか」、主要局面の「膝が曲がっていないか」、「顎が出ていないか」の4項目であった。それに対して、男子ではすべての項目において「わかる」と答えていた。また、「どちらでもない」と答えた項目が少なく、「いいえ」と答えた項目がほとんどみられず、「はい」が非常に多かった。

IV. 考 察

1. けのび動作の変化

けのび動作の目的は、プールの壁を蹴ることにより大きな推進力を得て、遠くへ、速く進むことであり、7m以上進むことができれば、水中で進む感覚を習得することができるといわれている(高橋・古橋, 1984)。合屋ら(2005)によれば、

初心者からトップスイマーまでの到達距離はおよそ6~12mであり、ほぼ2m刻みで3段階、1m刻みで5段階の評価基準として実践の場に提供できている。また、杉浦ら(2004)によれば、男子中等度熟練者は9.4m、同じく女子は12.0mであったと報告されている。本研究の結果、男子では7.5m~8.5m、女子では6.9m~8.1mと双方ともに練習によって有意に増加した。これは、従来までの研究報告と比較すると、おおよそ初心者の上位レベルから中級者の下位レベルに変化したことがうかがえる。

つぎに、重心移動速度についてTakahashi et al.(1983)は、男子エリートスイマーのけのびによるリリース後の初速は、2.87~3.07m/s、大学生男子初心者は2.67~2.80m/sであり、リリース時から1sec時まで大きく減少し、その後はゆるやかに減少し、進む距離は約10m(20sec)に及ぶと報告している。また、大学生熟練泳者では男子が2.91m/s、女子が2.67m/s(杉浦ら2004)、大学生初心者女子1名の練習では2.32~2.70m/sであったと報告されている(合屋ら2000)。本研究では、男子ではpreが 2.46 ± 0.26 m/s、postが 2.58 ± 0.16 m/sであり、女子は、preが 2.13 ± 0.27 m/s、postが 2.34 ± 0.20 m/sであった。このことから、

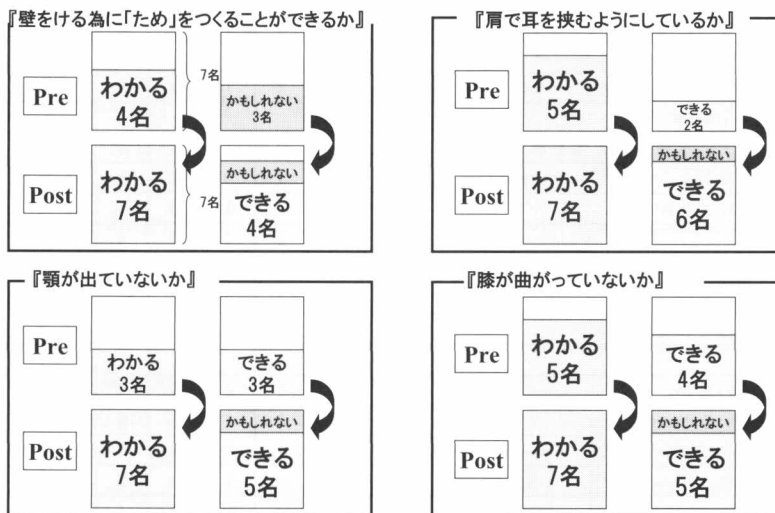


図9 変化が大きかった質問項目の内容(女子)

いずれの技能レベルにおいて初心者よりも熟練者、女子よりも男子の値が上回っていることがわかる。Blanksby et al. (1999) の報告によれば、オリンピック選手のターン局面の速度はおおよそ2.5m/sであったことから、初心者のけのびによる初速度はターン局面の速度と同程度であることが明らかになった。

一方、到達距離、リリース時の初速度は男女ともに有意に増加したが、到達距離の差が最も小さかった男子K.Kはpre: 7.2m, post: 7.2mとまったく変化がなかった。同様に、女子T.Mはpre: 6.4m, post: 6.9mとその差0.5mであった。そこで、到達距離の最も伸びた被検者と、最も伸びなかった被検者のリリース時および0.5sec時の重心移動速度の差、すなわち減速度に着目した。減速度をみると、最も伸びた男子D.Uの減速度は、preが0.78m/sec, postが0.58m/sec, 女子S.M.はpreが0.93m/s, postが0.62m/s, とpostの方の減速度が小さくなっているのに対し、最も伸びなかった男子K.Kの減速度はpreが0.85m/sec, postが0.81m/sec, また、女子T.Mの減速度はpreが0.35m/s, postが0.32m/sと、pre, postにあまり変化がみられなかった。柴田(1992)によれば、熟練者、未熟練者の身体各部の速度を時系列で比較した結果、熟練者に大きな低下は見られなかったが、未熟者の速度は大きく低下したことを認めている。従って、本研究で到達距離が伸びた被検者は、postで減速度が小さくなったことから、練習によって重心速度の低下をおさえることができたと考えられる。このことから、壁を蹴った後の速度をいかに落とさないで推進することが重要であることが確認できた。

この時の重心移動軌跡をそれぞれ図3、図4に示した。その結果、男子D.Uは、preよりpostの方が、リリース時、0.5sec時ともに、より深い位置(おおよそ0.30m付近)での移動を行っていた。しかし、K.Kは、preとpostで比較すると、ほぼ同じ深さ(おおよそ0.20m付近)の位置を移動していた。女子の被検者T.Mも男子被検者K.Kと同様の傾向であった。女子では若干その差が明らかではなかったが、ほとんどの被検者が水深0.30～

0.40m付近での移動を行っていた。Lyttle et al. (1999) は、秒速1.9mを越える牽引によるグライドで最も抵抗を少なくできるのは、0.4mから0.6mの深さであると報告している。また、オリンピック選手のターン局面での水深は0.35～0.45mが最適であり(Blanksby et al., 1999; Takagi et al. 2000), 1.6mから2.0mの高速域で人体模型を曳航したときの抵抗は、水面近傍よりも水深0.45mの方が小さかったとの報告(Shimizu et al. 1997)より、このあたりの深さ(0.30～0.40m)が潜行する場合の最適値であることが示唆された(合屋ら 2003, 2005)。

壁を蹴った後の速度をいかに落とさないで推進するかは、言い換えれば、いかに抵抗の少ない姿勢を作れるかである。そこで、接地時、リリース時の腰関節角度の変化をみてみた。男子の接地時の腰関節角度は、preが 102.5 ± 11.7 deg, postが 76.9 ± 19.1 degであった。女子は、それぞれ 118.5 ± 33.6 deg, 101.7 ± 32.8 degであり、共にpre, post間に有意な差がみられた。リリース時は、男子preが 153.1 ± 3.7 deg, postが 155.5 ± 1.6 deg, 女子preが 161.1 ± 7.6 deg, postが 164.9 ± 4.4 degとpostの方が大きくなる傾向がみられたが、有意差はみられなかった。同様に、0.5sec時の腰関節角度は、男子preが 168.5 ± 4.8 deg, postが 171.9 ± 5.1 deg, 女子preが 173.1 ± 4.4 deg, postが 177.4 ± 2.2 degとpostの方が大きくなる傾向がみられたが、有意差はみられなかった。以上のことから、男女ともに接地時に腰関節角度が練習前よりも深く曲げられるようになり、脚伸展力を高めることに貢献していると思われた(土居ら1985)。また、リリース後および0.5sec時には有意差はみられなかったが、より水平姿勢に近づける傾向がみられたことから、壁を蹴った後の重心移動速度の減速度を抑える結果につながったと思われた。これは、熟練者(杉浦ら 2004)や、トップスイマー(合屋ら 2005)が180度近くであることから推察できる。

2. 力発揮の変化

けのびによる力発揮は、男女ともに練習後は、ピーク値には有意な変化はなく、徐々に力を加え

てピークを迎えていた。しかし、力発揮パターンの再現性が増し、所要時間は有意に増加した(図5, 図6)。男子エリートスイマーの所要時間は0.38~0.41s, 同初心者は0.31~0.45s (Takahashi et al. 1983), また、男子熟練者では $0.58 \pm 0.12s$, 女子熟練者では $0.47 \pm 0.07s$ (杉浦ら 2004), 女子初心者1名では0.61sであったと報告されている(合屋ら 2000)。本研究の結果、男子preが $0.4 \pm 0.1sec$, postが $0.6 \pm 0.2sec$ であり、女子preが $0.40 \pm 0.09sec$, postが $0.43 \pm 0.10sec$ と、pre, postの間に有意な差が認められた。以上のことから、男子は女子に比べ所要時間が短く、男女初心者は練習によって所要時間を増大させていた。また、初心者から熟練者にかけて所要時間は長くなり、熟練者からエリートスイマーにかけて所要時間は短くなるのがわかった。

一方、到達距離と力積との間には男女ともに練習前後に有意な相関がみられた。したがって、力積を大きくすることがけのびの到達距離を増大させることにつながる。ここで、力積は力×時間であることから、ピーク値に有意差がなかった初心者の力積の増大は、主に所要時間を大きくすることによって獲得していることが明らかになった。したがって、初心者の到達距離を増大させるためには、接地してからリリースするまでの所要時間を大きくすることにポイントを置く指導が大切であろう。しかし、力発揮は大きさのみでなく、蹴る方向によって決定されるため、今後は接地位置と合わせて重心の投射角度を検討することが課題として残された。

3. 認識の変化

天野(1987)、金子(1988)、マイネル(1981)は、体育学習では、よい動作が「できる」だけでは十分でなく、意識的、意図的に認識「わかる」が必要であるが、技能習得の過程では意識面での理解と、動作との合理性が必ずしも一致していないことを報告している。しかし、結城(1999)による感覚的事実からの気づきや阿江(1999)による選手の内的状態を読み取る洞察力の必要性を見逃すことはできない。さらに、星野(1998)はこれら

の研究手法として学際的総合科学的なアプローチの必要性を説いている。動作認識に関する先行研究は、水泳では、一般学生における4泳法の練習前後の動作認識の変容(合屋 1997)、および速く泳ぐための感覚的言語の検討(村川ら 1987)などが報告されている。また、実際の動きと画像解析とをマッチングさせて解明することの重要性(合屋 2000)も指摘されている。

本研究では、けのび動作の認識および習熟の度合いが練習でどのように変容しているかに着目した。その結果、男子のpreでは、「わかる」が79%であったのに対して、postでは100%となった。また、preでは「できる」が46%であったのに対して、postでは75%と全体的に習熟の度合いが高まった。同様に、女子では「わかる」が55.6%から82.7%、「できる」が20.3%から42.9%へと変化した。男子に比べ若干、低値を示し、認識および習熟の度合いに性差が存在することが伺われた。同様に、全員が「わかる」と答えた項目をまとめた結果、女子では4項目のみであったのが、男子ではすべての項目に対して「わかる」と答えていたことから認識に対する評価に性差が表れた。従って、コーチングや指導の場面ではこれらのことを考慮して動作改善やアドバイスをすべきであろう。一方、男子6名全員がpostで「はい」と答えた項目は、準備局面の「壁を蹴るときに全身が水の中に入っているか」と、主要局面の「腰が落ちたり、出たりしていないか」の2項目であった。女子では全員が「わかる」と答え、「意味がわからない」、「意識したことがない」に答えていない項目をまとめると、準備局面の「肩で耳を挟むようにしているか」、接地局面の「壁を蹴るために「ため」をつくることができるか」、主要局面の「膝が曲がっていないか」、「顎が出ていないか」となった。このことから、壁を蹴る前の姿勢や、蹴る時のいわゆる「ため動作」および抵抗を少なくするストリームライン姿勢を強く意識する重要性が示唆された。これは田場ら(2000)、下永田ら(1998, 1999)、大城ら(2000)による動作分析の結果を動作認識のレベルでも支持するものである。

V. まとめ

本研究は、大学生男女初心者13名を対象とし、けのびの練習前後の動き、力発揮および感覚の気づきなどがどのように変容していくのかを明らかにすることを目的とした。結果は以下のようにまとめることができた。

- 1) けのびによる到達距離は男子が 7.50 ± 0.64 mから 8.50 ± 0.93 m、女子が 6.9 ± 0.91 mから 8.1 ± 1.52 mと有意に増加した。初速度は、男子が 2.46 ± 0.26 m/sから 2.58 ± 0.16 m/s、女子が 2.13 ± 0.27 m/sから 2.34 ± 0.20 m/sと有意に増大した。
- 2) 到達距離が最も大きかった男女の被検者は、リリース時と0.5sec時の重心移動速度の差を少なくし、水深30cm~40cm付近を潜行していた。
- 3) 接地時の腰関節角度はpreよりもpostの方が小さくなり、0.5時の腰関節角度は、preよりもpostの方が大きくなる傾向がみられた。すなわち、練習後は腰を深く曲げて接地し、壁を蹴った後にストリームライン姿勢をとって、重心移動速度の低下を抑えていた。
- 4) 壁を蹴ってからリリースするまでの所要時間は、男女ともにpreよりpostの方が有意に増加した。また、到達距離と力積との間には男女ともに練習前後に有意な相関がみられた。従って、初心者は所要時間を長くすることによって、到達距離を増大させていることがわかった。
- 5) けのびの練習後、認識の「わかる」および習熟の「できる」の構成比は、男女ともに全体的に度合いが高まった。特に、変化が大きかった項目は、男子では、準備局面の「壁を蹴るときに全身が水の中に入っているか」と、主要局面の「腰が落ちたり、出たりしていないか」、女子では、準備局面の「肩で耳を挟むようにしているか」、接地局面の「壁を蹴るために「ため」をつくることができるか」、主要局面の「膝が曲がっていないか」、「顎が出ていないか」と

なった。

以上のことから、初心者のけのびでは壁を蹴る前に十分水中に沈み、力を作用させる時間を長くして体幹を伸ばし、抵抗を少なくする動作の認識や力発揮の練習によって、受動抵抗の減少や到達距離の増大を図れることが示唆された。

文 献

- 阿江通良 (1999) バイオメカニクスデータを現場にどう活かすか. トレーニング科学, 10(3): 139-144
- 天野義裕 (1987) 陸上運動の方法. 関岡康雄ほか編. 動作におけるの気づきの評価. 道話書院: 東京, pp77-81.
- Blanksby, B (1999) Gaining on turns. ISBS Coaches Information Service, <http://www.education.ed.ac.uk/swim/paper99/bb.html>
- 土居陽治郎・小林一敏 (1985) けのびのモデルによる解析. 東京体育学研究, 12: 115-118.
- 合屋十四秋 (1997) 水中運動の動作認識とその変容について. 愛知教育大学教科教育センター研究報告, 21: 253-260.
- 合屋十四秋・杉浦加枝子 (2000) けのび動作の習熟過程と気づきに関する追跡研究. 水泳水中運動科学, 3: 29-33.
- 合屋十四秋 (2000) 泳ぎの動作認識とバイオメカニクス情報とのマッチング. バイオメカニクス研究, 4(3): 206-213.
- 合屋十四秋・杉浦加枝子 (2001) 熟練者におけるけのび動作と力発揮との関係. 水泳水中運動科学, 4: 11-15.
- Goya, T., Sugiura, K., Takagi, H., Nomura, T., Matsui, A., Tsurumine, O., Takahashi, S., Ogai, Y (2002) Forces and image analysis on gliding motion for beginning and competitive swimmers. Biomechanics and Medicine in Swimming, IX, University of Saint-Etienne: Saint-Etienne, pp37-40.
- 合屋十四秋, 高木英樹, 松井敦典, 仰木裕嗣, 高橋繁浩, 杉浦加枝子 (2003) けのび動作の最適水深はどの位がよいか?. 第17回日本バイオメカニクス学会大会論集, 第17回日本バイオメカニクス学会大会実行委員会: 名古屋, pp40-41.
- 合屋十四秋, 杉浦加枝子, 松井敦典, 野村照夫, 高木英樹 (2005) 水泳基本動作「けのび」の横断的および縦断的追跡研究. 第18回日本バイオメカニクス学会大会論集, 第18回日本バイオメカニクス学会大会委員会: 鹿児島, pp194-195.
- 星野公夫 (1997) 動作法からみたスポーツ選手の心身の自己コントロール. 体育学研究, 42(4) 205-214.
- 金子明友 (1988) 体育・保健科教育論. 島崎仁ほか編. 体

- 育学習のスポーツ運動的視座. 東信堂：東京, pp55-65
- Lyttle, A., B. Blanksby, B. Elliott., and D. Lloyd (1999) Optimal depth for streamlined gliding. *Biomechanics and Medicine in Swimming, VIII*, Gummerus Printing: Jyvaskyla, pp165-170.
- クルト, マイネル著, 金子明友訳 (1981) マイネルスポーツ運動学, 大修館書店：東京, pp374-400.
- 村川俊彦, 今村義正, 山田秀樹, 新出昌明 (1987) 水泳指導における感覚的言語に関する研究—「速く泳ぐ」ために—, 東海大学体育学部紀要, 17 : 37-49.
- Nomura, T., Goya, T., Matsui, A., Takagi, H (1993) Determination of Active Drag during Swimming. Miyashita, M., Mutoh, Y. and Richardson, A. B. (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports*. Karger: Basel, pp131-136.
- 野村照夫 (2004) 子どもとスイミング, 子どもと発育発達, 2(1) : 8-12.
- 大城敏裕・浜口麻衣子・田口正公・下永田修二・田場昭一郎 (2000) Active Drag Systemの開発と泳力向上への応用. *水泳水中運動科学*, 3 : 47-53.
- 柴田義晴 (1992) 水泳指導についての一考察 —け伸びの指導について—. *東京学芸大学紀要5部門*, 5(44) : 133-140.
- Shimizu, Y., Suzuki, T., Suzuki, K., Kiyokawa, H (1997) Studies on fluid drag measurement and fluid drag reduction of woman athlete swimming suit. *Japan Society of Mechanical Engineers, (B)* 60, 616, 3921-3927.
- 下永田修二・田口正公・田場昭一郎・青柳美由季 (1998) クロール泳におけるActive Dragの定量化の試み. *福岡大学体育研究*, 28(2) : 65-79.
- 下永田修二・田口正公・田場昭一郎・大城敏裕・浜口麻衣子 (1999) クロール泳におけるActive Drag定量法の検討. *バイオメカニクス研究概論*, 270-275.
- 杉浦加枝子・合屋十四秋 (2004) 大学熟練泳者におけるけのび動作の性差. *愛知教育大学教育実践総合センター紀要*, 7 : 91-95.
- 田場昭一郎・田口正公・下永田修二・大城敏裕・浜口麻衣子 (2000) 中学, 高校, 大学水泳選手における推進力・泳パワー・自己推進時抵抗の横断的研究. *福岡大学スポーツ科学研究*, 30(2) : 25-36.
- 高橋伍郎 (1983) 水泳における身体動作. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 2(7) : 518-526.
- Takahashi, G. Yoshida, A. Tsubakimoto, S. And Miyashita, M. (1983) Propulsive force generated by swimmers during a turning motion. *Biomechanics and Medicine in Swimming*, Human Kinetics Publishers, Inc. 192-198.
- 高橋伍郎・古橋廣之進 (1984) NHK趣味講座ベストスイミング. 日本放送協会編. 日本放送出版協会：東京, pp34-105
- 高木英樹・野村照夫・松井敦典・南 隆尚 (1997) 日本人競泳選手の抵抗係数, *体育学研究*, 41(6) : 484-491.
- Takagi, H and R Sanders (2000) Hydrodynamics makes a splash, *Physics World*, 39-43.
- 高木英樹 (2001) 抵抗を制する者, 勝負を制す. *水泳水中運動科学*, 4 : 1-6.
- 高木隆司 (1993) 水泳におけるフォームとパフォーマンス. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 12(5) : 285-290
- 結城匡啓 (1999) 長野オリンピックのメダル獲得に向けたバイオメカニクスのサポート活動：日本スピードスケートチームのスラップスケート対策. *体育学研究*, 44(1) : 33-41.

アンケート内容一覧

1) 接地局面

- 1 離地時から接地時までに水を押さえ体を水平にしているか。
- 2 両足の接地位置は, 肩幅より開いていないか。
- 3 両足の接地位置は, 高さが同じか。
- 4 膝が開いていないか。
- 5 壁を蹴るために「ため」をつくることができるか。
- 6 上体と腰が安定しているか。
- 7 肩で耳を挟むようにしているか。

2) 準備局面

- 1 膝が開いていないか。
- 2 壁を蹴るときに全身が水の中に入っているか。
- 3 上体と腰が安定しているか。
- 4 肩で耳を挟むようにしているか。
- 5 腰と首の力は抜けているか。
- 6 腰が落ちたり, 出たりしていないか。

3) 主要局面

- 1 上体と腰が安定しているか。
- 2 腰と首の力は抜けているか。
- 3 腰が落ちたり, 出たりしていないか。
- 4 膝が曲がっていないか。
- 5 顎が出ていないか。
- 6 肩で耳を挟むようにしているか。