

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

合屋十四秋* 野村照夫** 松井敦典*** 小山田早織****

*保健体育講座

**京都工芸繊維大学工芸科学研究科

***鳴門教育大学学校教育学部

****名古屋市立桶狭間小学校

Forces during glide swim and passive drag generated by towing in trained and untrained female swimmers

Toshiaki GOYA (Dept.of Health and Physical Education)

Teruo NOMURA (Kyoto Insititute of Technology)

Atsunori MATSUI (Naruto University of Education)

Saori OYAMADA (Okehazama Elementary school)

【要約】

大学女子熟練泳者および非熟練泳者各9名を対象として、受動抵抗によって示される避抵抗姿勢を作り出す技術の有無が、到達距離によって示されるけのび技術の巧拙に反映するの否かを検討した。その結果、3種類の牽引速度それぞれにおいて、 D_p は、非熟練泳者より熟練泳者の方が小さい傾向にあった。また、非熟練泳者は到達距離が短く、かつ D_p が熟練泳者に比べ大きかった。非熟練泳者は体表面積と受動抵抗とに有意な相関がみられたが、熟練泳者は体型よりも姿勢の変化によって D_p の低減を図っていると考えられた。より良いけのび動作は、0.3~0.4mあたりの水深に接地し、水底面下方または平行に蹴り出して重心の移動軌跡がおおよそ0.3~0.6m近傍を通過することが示唆された。

・研究目的

けのび、すなわちストリームライン姿勢はスタートやターン後の泳速度をいかに落とさずに進むかがその後の泳ぎの効率や競技成績(タイム)に大きく影響する(土居²⁾, Lyttle et al¹²⁾). 従って、近年では世界のトップクラスの選手やコーチは、この姿勢の保持いかんによってメダルの色が一変することを知り抜いている。すなわち、泳速度を向上させるには、最も効率的と考えられるけのび姿勢での抵抗の大小が大きな鍵を握っている(高木ら²²⁾ 24)。特に、初心者レベルでは、この技術のできばえがその後のパフォーマンスに大きな影響を与える(合屋ら⁴⁾ 5) 9) 14)。

一方、人体水抵抗には、牽引によって引っ張られるときの受動抵抗と、泳者が自らの推進力で進む時の自己推進時抵抗の2つに大別される(下永田ら¹⁷⁾)。けのび姿勢による受動抵抗は、下永田ら¹⁹⁾によれば、ある程度競泳に精通した選手間では、体格の差よりも姿勢

の違いによる抵抗係数、指数定数の変化が大きいと報告している。しかし、高木ら²¹⁾ 23)は受動抵抗の違いは被検者の体格差によるものが大きく、体表面積が関与することを示唆している。従って、けのび姿勢による受動抵抗は、水泳技能レベルや体格などによって結果が異なるの否か明確ではない。また、けのび姿勢の巧拙が牽引による受動抵抗値の大小に反映されるかどうかは、競技における泳時間短縮のみならず、各種泳法習得に際し重要な意味を持つと思われる。合屋ら⁸⁾ 9)は、けのび動作および牽引による受動抵抗の両者を同一被検者で測定した結果、前方牽引時に抵抗の少ない姿勢を作ることができる泳者は、けのび動作時も抵抗の低減ができると報告している。しかし、熟練者と非熟練者の比較検討は未だ着手されていない。

けのびは3秒程度の短時間で一過性の姿勢保持であるが、牽引によるグライド姿勢は、安定した姿勢を20秒程度保持しなければならない。効率よく泳ぐためには、この2つの姿勢保持能力(いわゆるストリームラ

イン姿勢)の優劣が結果として泳タイムに少なからず影響すると思われる。このような双方の基本的かつ重要な技術の関連性を検討することが今後の水泳指導やコーチングに大いに貢献できると思われる。

そこで本研究では、大学女子熟練泳者および非熟練泳者各9名を対象として、けのび動作および受動的牽引泳を行わせ、到達距離、画像解析、力発揮および抵抗値を基に、けのび動作の巧拙と牽引による受動抵抗の大きさとの関係性を比較、検討することを目的とした。

・ 研究方法

被検者は、大学女子熟練泳者および非熟練泳者各9名を対象とした。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。表1に被検者の身体特性を示した。

体表面積は藤本ら³⁾による以下の式を用いた。

$$BSA = \text{体重} \wedge 0.444 * \text{身長} \wedge 0.663 * 88.83$$

けのび姿勢での前方牽引はリールアップシステム Nomura et al¹³⁾を用いた(図1)。牽引速度を0.9m/s, 1.5m/s, 1.8m/sの3段階に設定し、20mの距離を各速度1試技ずつ行わせた。リールアップシステムは、漁船用電動リール(森山製作所製 MLD・G 1・1)、デジタ

ル力量計(SHIMPO DFG・50)およびフォトセンサー(SHINPOSE・R)によるデジタル回転計で構成され、パーソナルコンピューターを介して経過時間、牽引張力、牽引速度を記録した。

けのびは、壁を蹴って身体が停止するまでとし、その時の指先の位置までを到達距離として実測した(図2)。同時に、被検者の右側方の水中窓より、SONY社製デジタルビデオカメラ(DCR - TRV20, 30f p s)で撮影した。画像解析はDKH社製FrameDIAS ver2.7を用いて身体各部の23点を60Hzでデジタイズし、身体各部の実長換算を行った。

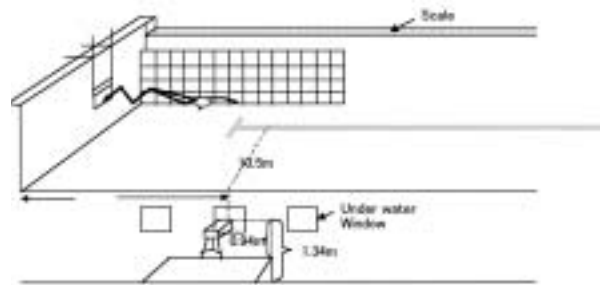


Fig. 2 . Schematic Drawings of Streamline Experiment.

壁を蹴る力の測定は、自作の水中用フォースプレートを用いた。4ヶ所に防水ストレインゲージ(KFW- 5・CL・16 L500, 共和電業)を貼付け、4ゲージ法によりリングが生じる圧縮歪みを検出できるようにした。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: 6 M82)で増幅し、MacLab / 8 s (ADI社製)でAD変換した。水中の映像とフォースプレートからの電気信号はトリガーを用いて同期した。

分析項目は、到達距離(m)、接地位置(m)、重心投射角度(deg)、重心位置(m)、力発揮(所要時間(sec)、力積(N・s)、初速度(リリース時の重心移動速度(m/s)、リリース後0.5sec時の重心移動速度(m/s)、関節角度(腰、膝(deg))、3種類の牽引速度における抵抗値(N)であった。

測定値はすべて平均値±標準偏差とし、平均値の差はt検定を用いた。相関分析にはピアソンの相関係数を用いた。これらの有意水準はすべて5%以下とした。

Table 1 . Characteristics of the subjects.

Trained	Age	Gender/yr	Style	Record(sec)	Ht(cm)	Wt(kg)	BSA(m ²)
M.K	18	♀	50Fr	31.66	157	58	1.54
A.H	20	♀	100Fr	46.20	156	50	1.43
Y.K	20	♀	50Fr	38.41	149	51	1.40
M.M	18	♀	100Fr	40.00	157	42	1.33
N.Y	21	♀	800Fr	54.26	168	55	1.57
M.H	20	♀	100Fr	49.10	158	53	1.48
A.J	19	♀	50Fr	33.60	164	55	1.54
H.N	19	♀	50Fr	29.11	172	59	1.65
Y.S	18	♀	50Fr	27.73	165	56	1.57
Mean	19.2				160.5	53.2	1.50
S.D.	1.1				7.1	5.3	0.10

Untrained	Age	Gender/yr	Style	Record(sec)	Ht(cm)	Wt(kg)	BSA(m ²)
N.K	18			172	84	1.71	
E.T	19			172	66	1.75	
S.S	20			168	67	1.71	
R.K	20			181	52	1.49	
M.W	21			190	53	1.52	
M.Y	20			158	56	1.52	
M.K	23			162	56	1.55	
G.S	24			163	50	1.48	
M.S	22			157	50	1.44	
Mean	20.8				163.7	57.2	1.57
S.D.	1.9				5.6	7.1	0.12

#Body Surface Area

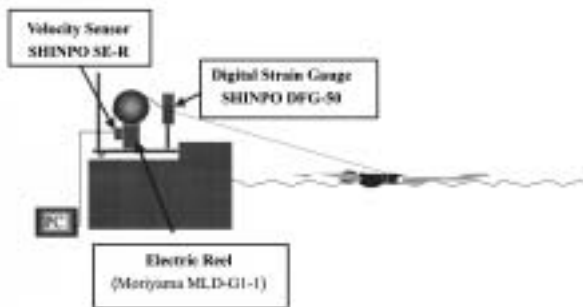


Fig. 1 . Reel up system

III . 結果および考察

1) 受動抵抗と到達距離

図3に熟練泳者A.Hと非熟練泳者M.Kの1.8m/s時の受動抵抗(以下、Dp)曲線を示した。いずれの牽引速度においても同様のパターンを示し、熟練者が低値であった。表2に各被検者の受動抵抗(以下、Dp)を示した。いずれの牽引速度においても熟練泳者は非熟練者よりも有意に低値を示した。下永田ら¹⁷⁾は、熟練泳者の牽引速度2.2m/sでは周期的な振幅がみられる

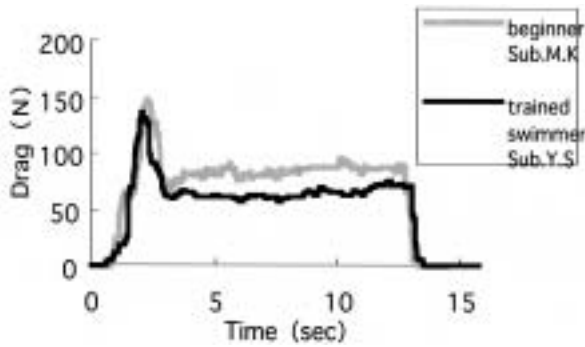


Fig.3 . Drag force curve of beginner and trained swimmer(1.8m/s)

表2 受動抵抗値

	(N)		
	0.9m/s	1.5m/s	1.8m/s
熟練泳者	24.44±2.57	51.29±3.46	69.06±5.96
非熟練者	29.33±5.38	59.83±7.88	77.53±2.25

が、遅い牽引速度ではこれらの変動はみられなかったと報告している。一方、合屋ら⁸⁾は、到達距離が短かった被検者は、低速の牽引速度0.9m/sでは振幅が大きく、姿勢の保持が不十分であったことを報告している。

次に、図4-1、図4-2、図4-3に熟練泳者と非熟練泳者の各牽引速度におけるDpとけのびの到達距離の関係を示した。到達距離とDpの関係は、双方ともに有意な相関が認められなかった。しかし、3種類の牽引速度それぞれにおいて、Dpは、非熟練泳者より熟練泳者の方が小さい傾向にあった。すなわち、

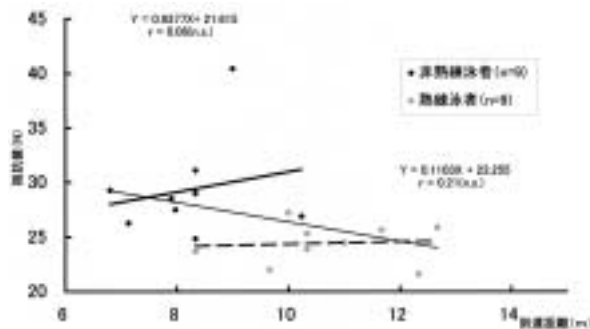


図4-1 0.9m/s時の到達距離と受動抵抗

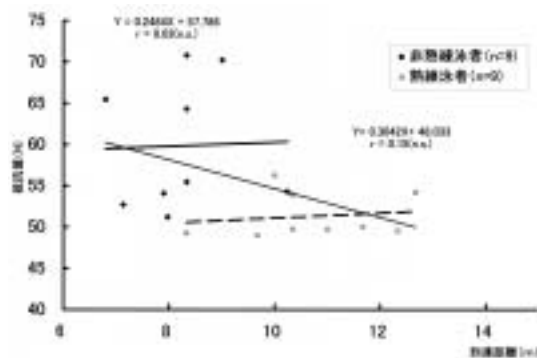


図4-2 1.5m/s時の到達距離と受動抵抗

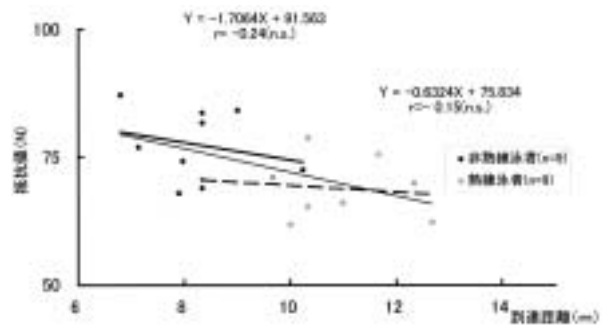


図4-3 1.8m/s時の到達距離と受動抵抗

1.5m/s、1.8m/sの速度では、到達距離が長い熟練泳者にその傾向が強く見られた。一方、非熟練泳者は到達距離が短く、かつDpが熟練泳者に比べ大きかった。これは、熟練泳者の方が、抵抗を小さくする姿勢を作り出すことに優れ、結果として牽引装置で引っ張られた時のDpが小さくなったと考えられる。

2) 受動抵抗と体表面積

図5-1、図5-2、図5-3に熟練泳者と非熟練泳者の各牽引速度におけるDpと体表面積の関係を示した。本研究では、体表面積とDp(0.9m/s、1.5m/s、1.8m/s)の関係は、それぞれ、非熟練泳者が $r = 0.65$ ($p < 0.01$)、 $r = 0.89$ ($p < 0.01$)、 $r = 0.76$ ($p < 0.01$)であり、有意な相関が認められた。一方、熟練泳者はそれぞれ、 $r = -0.01$ 、 $r = 0.23$ 、 $r = 0.29$ であり、有意な相関が認められなかった。高木(1997)は、Dpの違いは体型(体表面積)が大きくと報告しているが、下永田ら(1999)は、ある程度競泳に精通した選手間のけのびによるDpの違いは、体型の差よりも抵

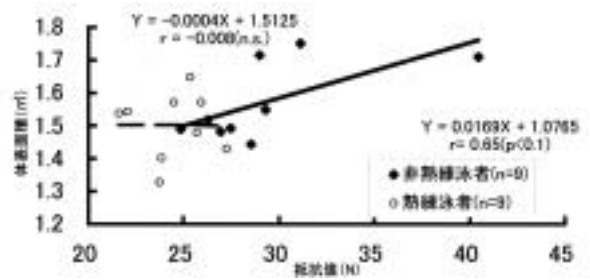


図5-1 0.9m/s時の受動抵抗と体表面積

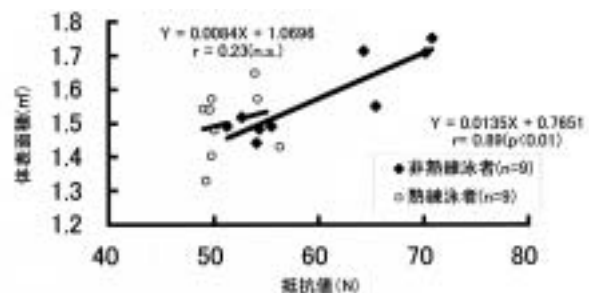


図5-2 1.5m/s時の受動抵抗と体表面積

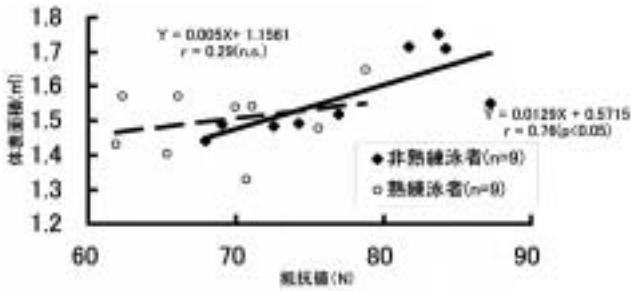


図5 - 3 1.8m/s 時の受動抵抗と体表面積

抗係数，指数定数の変化が大きかったと報告している．本研究の結果，熟練泳者は下永田ら¹⁸⁾の報告と一致を見たが，非熟練者は体表面積と受動抵抗とに有意な相関がみられた．このことから，ある一定のトレーニングを積んだ競技者は体型よりも姿勢の変化によって D_p の低減を図っていることが示唆された．一方，非熟練者は姿勢の変化の影響よりも体型が大きく関与することが考えられた．すなわち，初心者レベルでは避抵抗姿勢を作り出す技術が習得されておらず，体型（体表面積）に大きく影響される結果を導いたと考えられる．

3) けのびの到達距離

非熟練泳者の到達距離は $8.2 \pm 1.1\text{m}$ ，熟練泳者は $10.7 \pm 1.5\text{m}$ であった．非熟練泳者の最高到達距離は N.K の 11.0m ，最短到達距離は M.K の 6.7m ，熟練泳者の最高到達距離は Y.S の 14.0m ，最短到達距離は M.M の 8.0m であった．非熟練泳者と熟練泳者の到達距離における平均値の間に，有意な差が認められた ($p < 0.05$)．大学生男子トップ選手が $11.5 \pm 1.55\text{m}$ ，女子が $12.0 \pm 1.55\text{m}$ ，大学生初心者男子が $7.5 \pm 0.6\text{m}$ ，女子が $6.9 \pm 0.9\text{m}$ であった（杉浦ら²⁰⁾ 合屋ら⁸⁾）ことから本研究の被検者はほぼ熟練泳者に相当すると思われる．

4) 接地位置，重心投射角度および重心移動軌跡

図6にけのびの接地位置と重心投射角度を示した．熟練泳者の接地位置は $0.30 \pm 0.08\text{m}$ ，非熟練泳者は $0.31 \pm 0.06\text{m}$

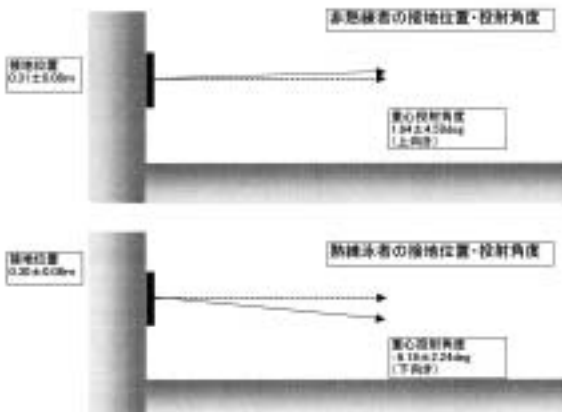


図6 設置位置と重心投射角

$\pm 0.08\text{m}$ であった．投射角度は熟練泳者が $-6.2 \pm 2.2\text{deg}$ （下向き），非熟練泳者は $1.6 \pm 4.6\text{deg}$ （上向き）であった．熟練泳者と非熟練泳者の投射角度には有意な差が認められた ($p < 0.05$)．大学生男女水泳選手の接地位置と重心投射角度はそれぞれ $0.26 \sim 0.32\text{m}$ ， $-1.1 \sim 1.7\text{deg}$ であり（合屋ら⁸⁾），中等度熟練者，熟練者の接地位置は約 0.60m ，トップスイマーは約 $0.30 \sim 0.40\text{m}$ ，初心者の投射角度は約 -10deg ，中等度熟練者約 -5deg （合屋ら⁶⁾⁷⁾），トップスイマーはほぼ水面と平行で約 0deg （合屋ら⁸⁾）と報告されている．このことから，けのびの蹴り出す方向はほぼ水面と平行に行うことが最適であり，接地位置は水面下 0.30m あたりが適切と考えられた．

図7-1，図7-2に到達距離の長い熟練泳者の，図7-3，図7-4に到達距離の短い非熟練泳者の重心移動軌跡を示した．熟練泳者は，接地からリリース後まで水深 $0.3 \sim 0.4\text{m}$ を，非熟練泳者は，およそ水深 0.2m を移動していた．前掲の重心投射角度の変位と合わせてみると，熟練泳者は水底方向に $0.3 \sim 0.4\text{m}$ の範囲を一定の軌跡を描いていた．一方，非熟練泳者は水面上方または下方に不安定な軌跡を描いていた．合屋ら¹⁰⁾によれば，初心者の重心移動軌跡は，練習によってほぼ $0.3 \sim 0.4\text{m}$ の水深に達すると報告している．Lyttle et al¹¹⁾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 $0.35 \sim 0.45\text{m}$ が最適であり（Blanksby et al¹⁾; Takagi et al²²⁾）， 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報告されている（Shimizu et al¹⁵⁾）．従って，より良いけのび動作は， 0.3

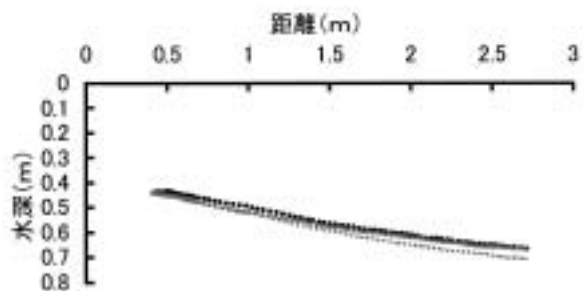


図7 - 1 重心移動軌跡（熟練泳者 Y.S : 12.7m）

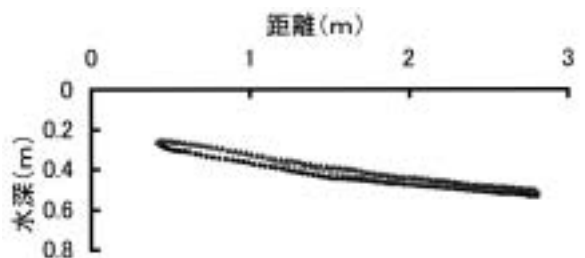


図7 - 2 重心移動軌跡（熟練泳者 Y.K : 12.3m）

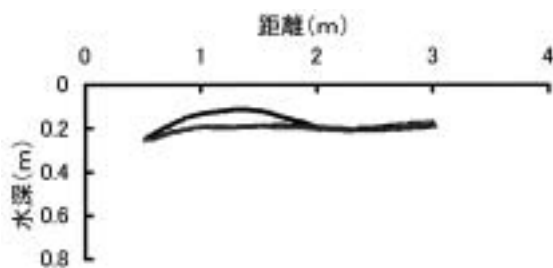


図7-3 重心移動軌跡(非熟練泳者 M.Y: 7.1m)

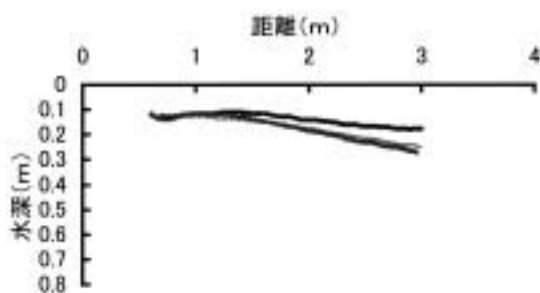


図7-4 重心移動軌跡(非熟練泳者 M.K: 6.8m)

~0.4mあたりの水深に接地し、水底面下方または平行に蹴り出して重心の移動軌跡がおおよそ0.3~0.6m近傍を通過することが示唆された。

5) 力発揮および重心移動速度と到達距離

熟練泳者の力積は $171.0 \pm 28.2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 、非熟練泳者は $167.8 \pm 36.7 \text{ N} \cdot \text{s}$ であり、熟練泳者の所要時間は $0.46 \pm 0.11 \text{ s}$ 、非熟練泳者は $0.44 \pm 0.14 \text{ s}$ であった。初心者女子の練習では、preが $135.0 \pm 30.3 \text{ N} \cdot \text{s}$ 、postが $136.3 \pm 36.6 \text{ N} \cdot \text{s}$ と若干の増加を示したと報告されている(合屋ら⁹⁾)。男子エリートスイマーの所要時間は $0.38 \sim 0.41 \text{ s}$ 、同初心者は $0.31 \sim 0.45 \text{ s}$ (Takahashi et al 1983)、また、男子熟練者では $0.58 \pm 0.12 \text{ s}$ 、女子熟練者では $0.47 \pm 0.07 \text{ s}$ (杉浦ら²⁰⁾)、女子初心者1名では 0.61 s であったと報告されている。従って、本研究の結果はほぼ妥当な値を示している。

一方、熟練泳者の初速度は $2.33 \pm 0.15 \text{ m/s}$ 、非熟練泳者は $2.29 \pm 0.26 \text{ m/s}$ であった。また、熟練泳者の0.5sec時の重心移動速度は $1.68 \pm 0.15 \text{ m/s}$ 、非熟練泳者は $1.57 \pm 0.17 \text{ m/s}$ であった。初速度と0.5sec時の重心移動速度の双方とも、熟練泳者と非熟練泳者との間に、有意な差が認められた($p < 0.05$)。

到達距離と初速度の関係では、非熟練泳者が $r = 0.41$ ($p < 0.05$)、熟練泳者が $r = 0.60$ ($p < 0.01$)と、それぞれ有意な相関が認められた。熟練泳者は非熟練者に比べ、蹴り出しの速度も大きく、かつ、水中での速度低下が少ないことが考えられる。柴田¹⁶⁾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、未熟練者の速度は大きく低下したことを認めている。このことは、到達距離と0.5sec時の重心移動速度

との関係では、非熟練泳者が $r = 0.18$ と、有意差がなく、熟練泳者は $r = 0.66$ ($p < 0.01$)と有意差があったことと関連すると思われる。

さらに、合屋ら⁹⁾は、力積と到達距離との関係は、初心者および中等度熟練者では有意な差が見られず、熟練者およびトップスイマーではその傾向または有意差が見られたと報告している。初心者の力積は、熟練者とはほぼ同じ値を示すが、必ずしも、到達距離と結びつくとは限らない(合屋ら⁷⁾)。しかし、本研究および先行研究の結果より、力積を大きくすることが、重心移動速度を大きくすることにつながり、到達距離の増大をもたらすと考えられる。

6) 腰、膝関節角度の変位とけのび動作

熟練泳者の接地時における腰関節角度は $118.8 \pm 13.2 \text{ deg}$ 、非熟練泳者は $112.4 \pm 22.6 \text{ deg}$ であった。リリース時では、熟練泳者が $167.7 \pm 6.4 \text{ deg}$ 、非熟練泳者が $163.3 \pm 8.4 \text{ deg}$ 、また、0.5sec時では、熟練泳者が $179.3 \pm 4.7 \text{ deg}$ 、非熟練泳者が $180.7 \pm 5.9 \text{ deg}$ であった。熟練泳者と非熟練泳者との間に、有意な差が認められたのはリリース時だけであった($p < 0.05$)。このことから、リリース時の進行方向に対する腰関節角度の大小が重心移動速度に影響を与えることが推察された。

一方、接地時における膝関節角度は、 $68.5 \pm 17.7 \text{ deg}$ 、非熟練泳者の熟練泳者が $59.7 \pm 15.5 \text{ deg}$ 、リリース時では、熟練泳者が $167.8 \pm 9.3 \text{ deg}$ 、非熟練泳者が $161.9 \pm 5.8 \text{ deg}$ 、0.5sec時では、熟練泳者が、 $179.5 \pm 4.6 \text{ deg}$ 、非熟練泳者が $177.1 \pm 5.2 \text{ deg}$ 、であった。すべての局面において、熟練泳者と非熟練泳者との間に、有意差が認められた($p < 0.05$)。合屋ら⁹⁾は、前方牽引において、受動抵抗値が小さかった被検者は、けのび動作における、腰、および膝関節角度の絶対値が小さいという傾向がみられたと報告している。本研究でも、接地時では、熟練泳者は非熟練泳者に比べ、深く膝を曲げていることがわかった。また、リリース時、0.5sec時ともに、非熟練泳者より熟練泳者の方が膝関節角度は180度に近かった。したがって、非熟練泳者はリリース時と0.5sec時において、膝を曲げた姿勢でのけのび動作を行っているため、受動抵抗が大きくなることが考えられた。

まとめ

大学女子熟練泳者および非熟練泳者各9名を対象として、受動抵抗によって示される避抵抗姿勢を作り出す技術の有無が、到達距離によって示されるけのび技術の巧拙に反映するの可否かを検討した。結果は以下のものであった。

1) 3種類の牽引速度それぞれにおいて、 D_p は、非熟

練泳者より熟練泳者の方が小さい傾向にあった。また、非熟練泳者は到達距離が短く、かつ D_p が熟練泳者に比べ大きかった。

2) 非熟練者は体表面積と受動抵抗とに有意な相関がみられたが、熟練泳者は体型よりも姿勢の変化によって D_p の低減を図っていると考えられた。

3) より良いけのび動作は、0.3~0.4mあたりの水深に接地し、水底面下方または平行に蹴り出して重心の移動軌跡がおおよそ0.3~0.6m近傍を通過することが示唆された。

4) 非熟練者の力積は、熟練者とほぼ同じ値を示すが、必ずしも、到達距離と結びつくとは限らない。しかし、力積を大きくすることが、重心移動速度を大きくすることにつながり、到達距離の増大をもたらす。

5) 前方牽引において、受動抵抗が小さかった被検者は、けのび動作のリリース時および0.5sec時の、腰、および膝関節角度が小さいという傾向がみられた。

V. 文 献

- 1) Blanksby, B (1999) Gaining on turns. ISBS Coaches Information Service, <http://www.education.ed.ac.uk/swim/paper99/bb.html>.
- 2) 土居陽治朗・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.
- 3) 藤本薫喜ほか (1968) 日本人の体表面積に関する研究, 第18篇, 三期にまとめた算出式, 日本衛生学雑誌, 23 (5): 7-14.
- 4) 合屋十四秋・杉浦加枝子 (2000a) 習熟過程におけるけのび動作とその認識の縦断的研究, 愛知教育大学研究報告, 49. 15-18.
- 5) 合屋十四秋・杉浦加枝子 (2000b) 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. 29-34.
- 6) 合屋十四秋ほか (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.
- 7) Goya, T., et al (2002) Forces and Image Analysis on Gliding Motion for Beginning and Competitive Swimmers, Biomechanics and Medicine in Swimming, IX, 37-40.
- 8) 合屋十四秋, ほか (2005) 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, 40-41.
- 9) 合屋十四秋, 野村 照夫, 松井 敦典 (2006) 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.
- 10) 合屋十四秋ほか (2006) 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.
- 11) Lyttle, A., et al (1999) Optimal Depth for Streamlined Gliding, Biomechanics and Medicine in Swimming, 8. 165-170.
- 12) Lyttle, A., N. Benjanuvatra, B. A. Blanksby & B. Elliott (2002). Body form influences on the drag experienced by junior swimmers. In: International Research in Sports Biomechanics. (Ed. Y. Hong). Routledge Publishing, London. pp. 311-317.
- 13) Nomura, T., et al (1993) Determination of Active Drag during Swimming. Medicine and Science in Aquatic Sports. 131-136.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 柴田義晴 (1992) 水泳指導についての一考察 - けのびの指導について. 東京学芸大学紀要 5 部門 (44) 133-140.
- 17) 下永田修二ほか (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.
- 18) 下永田修二ほか (1999) クロール泳における Active Drag 定量化の検討, バイオメカニクス研究概論, 270-275.
- 19) 下永田修二ほか (2001) 簡易パワー計測システムの開発と検討, バイオメカニクス研究, 6 (1) 15-23.
- 20) 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.
- 21) 高木英樹ほか (1997) 日本人競泳選手の抵抗係数, 体育学研究41 (6) 484-491.
- 22) Takagi, H and R Sanders (2000) Hydrodynamics makes a splash, Physics World, 39-43.
- 23) 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.
- 24) 高木英樹 (2002) 人はどこまで速く泳げるのか. 岩波書店, 東京.
- 25) 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.

(平成19年9月18日受理)