

大学熟練泳者におけるけのび動作の性差

杉 浦 加枝子 (岡崎東高等学校)

合 屋 十四秋 (保健体育講座)

(2003年11月28日受理)

Force, image and gliding motion between male and female varsity trained swimmers

Kaeko Sugiura (Okazakihigashi High School)

Toshiaki Goya (Department of Health and Physical Education Aichi University of Education)

要約 本研究は、男女熟練泳者におけるけのび動作についてVTR画像とフォースプレートから、動作及び力発揮の様相を解析し、けのび動作の性差を明らかにすることを目的とした。その結果、男子より女子の方が有意に到達距離が大きかった($P<0.05$)。これは、技術的なものだけでなく身体組成も要因の1つだと考えられた。男女熟練泳者は、到達距離が大きい者ほど0.5秒時の重心移動速度が速く、減少量が小さかった。また男子は接地位置、女子では投射角度によって、水中での抵抗の少ない深さまで到達していた。一方、力発揮においては、到達距離の大きい者ほど、「ため」動作を行い、力積を大きくすることで重心移動速度を大きくしていた。これらのことから、男女熟練泳者は、抵抗の少ない深さを流線型の姿勢を保持することで、重心移動速度を低下させずに到達距離を伸ばしていることが示唆された。

Keywords: けのび動作 性差 動作解析 力発揮

1. 研究目的

けのび動作は、初心者のみでなく熟練泳者においても、大切な技術だと言われている。なぜなら、壁または床を蹴った時に生み出されるスピードを体験するのみでなく、速度維持のための姿勢、いわゆる流線型姿勢を保持することが各泳法を習得し、技術を高めていくときに、重要だからである。けのび動作における研究は、ターンと比較したもの^{1), 34)}、姿勢および流速の異なる条件下で牽引したもの^{2), 8), 11), 13)}が多い。前者では、ターンアウト、いわゆるターンをした後に、いかに流線型の姿勢をつくり、浮き上がっていくかが重要であると指摘している。また後者では、造波抵抗や形状抵抗などの水中でかかる抵抗をより小さくすることが重要であるとしている。これらのことから、水中での姿勢が速度維持のカギとなることが示唆できる。

一方、けのび動作のみに注目したものとしては、初心者のトレーニング効果について^{4), 7), 9)}、初心者の一定期間の集中型トレーニング後、等間隔でトレーニングを重ねていった時の縦断的追跡について⁴⁾、男子熟練泳者の特徴⁹⁾や、初心者から熟練泳者における特徴^{5), 6)}について報告されている。また壁に発する力発揮の様相に着目した研究^{1), 2), 10), 13)}や、動作と力発揮の様相と動作の関係^{4), 6), 10)}についての報告もされている。これらの研究では、水中でのスピードを保つために、壁に足を接地する位置や重心の位置が水面に近すぎると、水中でのスピードを保つことができないとしている。また力発揮時においては、ピーク値に到

達するまでに「ため」動作を作ることが重要であることを指摘している。

しかし、けのび動作における性差に関する研究は、ほとんどされていない。

そこで本研究では、大学生女子熟練泳者に全力でけのび動作を行わせ、VTR画像とフォースプレートから、動作及び力発揮の様相を解析し、男子熟練泳者と比較検討することで、けのび動作における性差を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 被験者

被験者の女子熟練泳者は、C大学水泳部員20名(身長 163.6 ± 3.6 cm, 体重 56.3 ± 3.7 kg, 競技歴 11.5 ± 1.8 年)であった。女子熟練泳者は、2001年度日本ランキング100位以内の競泳選手であった。男子熟練泳者は、C大学水泳部員男子17名(身長 173.5 ± 5.2 cm, 体重 65.4 ± 6.7 kg, 競技歴 10.8 ± 2.5 年)であった。男子熟練泳者は、2000年度までの競泳における日本選手権及び日本学生選手権出場者であった。

2.2 実験方法

実験試技は、十分なウォーミングアップを行わせた後、全力でけのび動作を5試技行わせた。

VTR画像は、SONY社製デジタルビデオカメラ(30f.p.s)により、被験者の右側方から撮影した。被験者には、リファレンスポイント(左右手指先端点、左

右手関節中心点，左右肘関節中心点，左右肩峰点，左右爪先点，左右足関節中心点，左右膝関節中心点，左右大転子点，頭頂点，耳珠点，胸骨上縁点）をつけて画像解析のマーカーとした。画像解析は，DKH社製Frame-DIASを用いて，つま先が壁に着いた時（以降，接地時）から，壁からつま先が離れ（以降，リリース時），0.5sec後（以降，0.5時）までの解析を行った。

壁を蹴る力の測定は，水中用フォースプレート（ストレーンゲージ式：防水ゲージ使用）を用いた。フォースプレートからの電気信号は，ストレーンアンプ（三栄測器製：6M82）で増幅し，MacLab/8s（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同期した。

2.3 分析項目

VTR画像から，到達距離，重心の投射角度，爪先が壁から離れた時（以後，リリース時）の重心移動速度（以後，初速度），リリース後0.5秒時の重心移動速度（以後，0.5秒時），初速度 - 0.5sec時の重心移動速度（以後，減速量）を算出した。投射角度においては，下方向をプラス，上方向をマイナスとした。またフォースプレートからは，力発揮をしている時間（以後，所要時間），最も大きな値（以後，ピーク値），所要時間と力発揮から求めた力積を算出した。さらに，身体組成の計測の代わりに，体重を体積とし身長で割った横断面積も算出した。

男子熟練泳者17名は，同じ方法で解析を行った合屋ら⁵⁾，杉浦ら⁹⁾の結果を用いた。

3. 結果及び考察

3.1 到達距離について

表1に，けのび動作における各分析項目の男子と女子熟練泳者の平均値を示した。

男子と女子の間に有意な差がみられた項目では，到達距離以外は，男子の方が有意に大きな値を示した。これは，到達距離の長短には，壁を蹴る力及び壁を蹴ってからの水中での姿勢のみでなく，体脂肪などの身体組成や肺活量などの要因が関係するためと考えられる。実際のけのび動作において，男子は浮き上がったから，足が沈み到達距離が伸びにくい様子がみられるのに対し，女子は，浮き上がったから足が沈まず浮き身を保持してられる様子が観察された。

そこで，到達距離の長短には，身体組成の影響が考えられたため，横断面積を算出した。男子と女子の横断面積は，それぞれ $342.3 \pm 78.5 \text{cm}^2$ ， $344.6 \pm 34.6 \text{cm}^2$ で

あった。この横断面積と到達距離の関係は，男子において $r=0.52$ ($P<0.05$) で有意な相関関係が認められた。これは，横断面積の大きい者は，体脂肪も多いと考えられ，下半身が沈みにくかったことが推測される。

表1.けのび動作における分析項目の各平均値

		男子(n=17)	女子(n=20)	
到達距離		9.41±1.58m	12.04±1.55m	*
重心移動速度	初速度	2.91±0.25m/s	2.67±0.20m/s	*
	0.5sec時	2.17±0.25m/s	1.94±0.14m/s	*
	減速量	0.75±0.27m/s	0.73±0.23m/s	
投射角度		1.58±2.62deg	1.6±2.1deg	
接地位置		0.59±0.13m	0.32±0.06m	*
重心位置	リリース時	0.58±0.09m	0.34±0.07m	*
	0.5秒時	0.62±0.12m	0.37±0.09m	*

*: P<0.05

3.2 到達距離と重心移動速度について

図1に到達距離と重心移動速度の0.5秒時及び減速量の関係を示した。男子は，0.5秒時と減少量において，有意な相関関係が認められた。女子は，0.5秒時において傾向がみられた。しかし，初速度においては，男女とも関係がみられなかった。これは，到達距離が大きい者ほど，0.5秒時の重心移動速度が大きく，減少量が小さかったといえる。

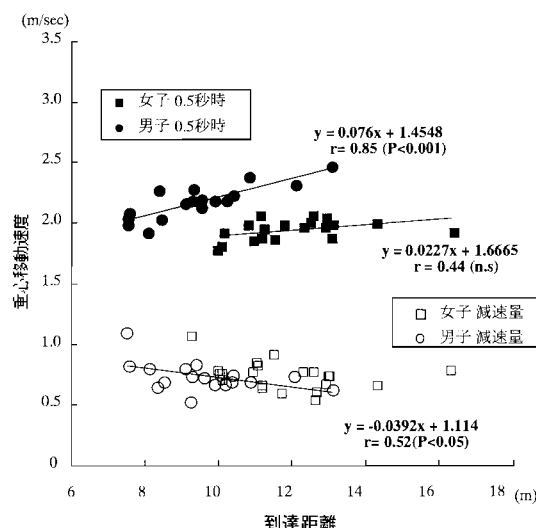


図1. 到達距離と重心移動速度の関係

図2に重心移動速度の初速度と0.5秒時及び減速量の関係を示した。男子は0.5秒時において，女子は減少量において有意な相関関係が認められた。また，男子は減少量において，女子は0.5秒時において傾向がみられた。これは，初速度の大きい者ほど，男女ともに0.5秒時の重心移動速度および，減少量が大きかったといえる。

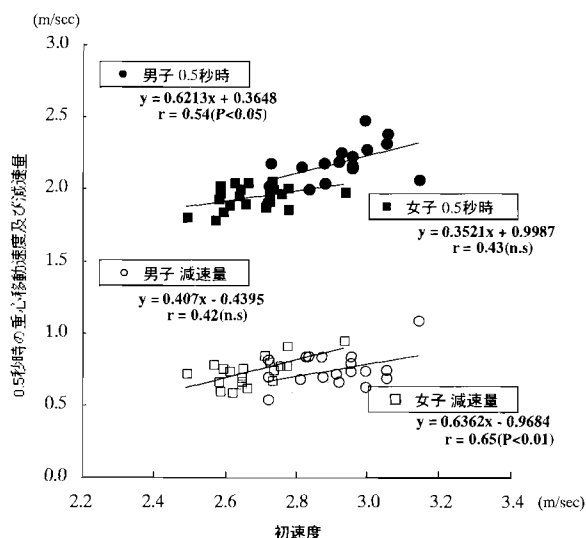


図2. 重心移動速度の関係

高橋¹³⁾は、けのび動作の速度の回帰曲線及び回帰式を算出し、人体速度は初めの1秒間に大きく減少しその後の減少傾向はゆるやかであることを報告している。また牽引において流速が増加すると波や伴流も増加し、造波抵抗が増加することを指摘している。

このことから、初速度の大きい者ほど、抵抗が増加するため、速度を維持するためには、姿勢が大切だといえる。本研究の男女熟練泳者は、抵抗の少ない姿勢を水中で保持することができた者が速度を維持し、到達距離を伸ばすことができたと考えられる。

3.2 重心位置と重心投射角度及び接地位置について

リリース時、0.5秒時の重心位置及び接地位置において、男子と女子の間に有意な差がみられた ($P < 0.05$)。

水中の深さに関わり発生する造波抵抗は、物体が水に全て沈み、身体の上部が水面と接しているときに最大となる。そのため、水深が深くなるにつれて減少するため、造波抵抗を減らすには波を立てないようにすることだと高木¹²⁾は、報告している。また、Lyttle et al.⁸⁾は、グライド姿勢の牽引において、秒速1.9mを越える場合、最も抵抗を少なくできるのは、0.4mから0.6mの深さであると指摘している。

本研究の被験者における到達距離と投射角度の関係は、女子は $r = 0.51$ ($P < 0.05$)と有意な相関関係が認められた。また投射角と減少量においても女子は、 $r = -0.49$ ($P < 0.05$)と有意な相関関係が認められた。しかし、男子においては、関係が認められなかった。これらのことから、女子熟練泳者は、投射角度を下向きにすることで、抵抗の少ない位置を進み、速度を維

持するのに対し、男子熟練泳者は、接地位置及び重心位置が、女子より深い位置にあるため、重心投射角を意識しなくても、抵抗の少ない位置を進むことができたと考えられる。これらのことから、本研究の男女熟練泳者は、水面近くを水平に移動するよりも、水面よりやや深いところで進む方が速度は落ちにくいという、高木¹²⁾やAndrew et al.⁸⁾の報告と一致した。

3.3 壁を蹴る力について

表2に力発揮における各分析項目の男子と女子熟練泳者の平均値を示した。

所要時間および力積において、男子と女子の間に有意な差がみられた ($P < 0.05$)。

図3は、0.5秒時の重心移動速度と力積の関係について示した。男子と女子、それぞれにおいて有意な相関関係が認められた ($P < 0.05$)。男子は、到達距離と

表2.けのび動作における分析項目の各平均値

		男子(n=17)	女子(n=20)	
力発揮	所要時間	0.58 ± 0.12sec	0.47 ± 0.07sec	*
	ピーク値	722.5 ± 120.1N	864.1 ± 66.0N	
力積		202.6 ± 47.2Ns	198.2 ± 19.5Ns	*

*: $P < 0.05$

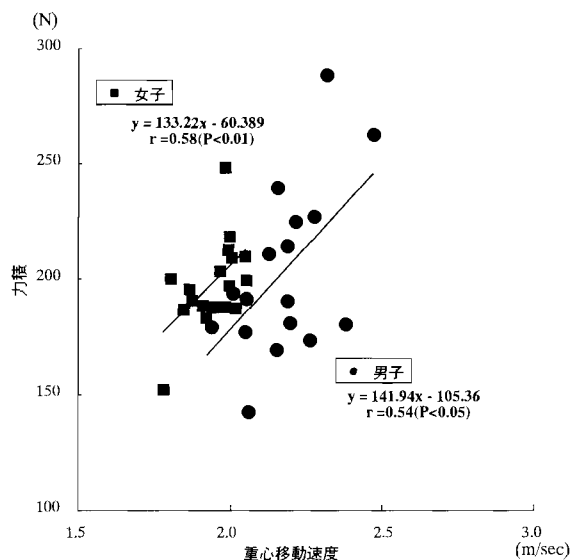


図3. 0.5秒時の重心移動速度と力積の関係

力積、力積と所要時間のそれぞれにおいて $r = 0.78$ ($P < 0.001$), $r = 0.72$ ($P < 0.001$)と有意な相関関係が認められた。女子においては、認められなかった。しかし、女子は、所要時間とピーク値の間に $r = 0.52$ ($P < 0.05$)と有意な相関関係が認められた。

これらのことから、水中の移動速度を保持するのは姿勢であるが、速度を作り出すのは壁を蹴る力積であることがわかった。特に、男子熟練泳者においては、力発揮が到達距離を大きく左右すると考えられた。

高橋¹³⁾は、力発揮が泳者の体重と同程度のところで一度横這いとなる「ため動作」について報告している。また合屋ら⁵⁾は、熟練泳者になるにつれて、十分な「ため」の姿勢をとり、作用時間を長くして蹴り出しているため、少ない力で、多くの到達距離に達すると指摘している。

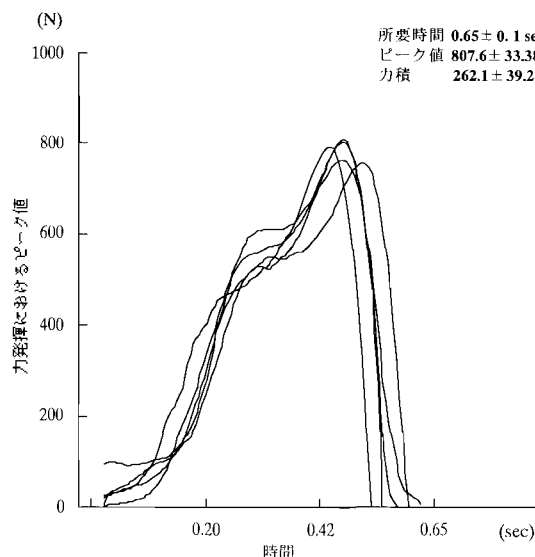


図4.男子熟練泳者における力発揮の様相

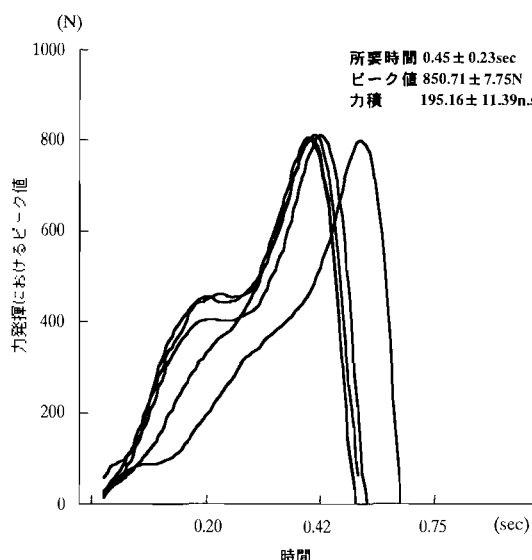


図5.女子熟練泳者における力発揮の様相

図4,5は男子及び女子熟練泳者において到達距離が12m以上で同程度の距離であった被験者の力発揮の様相を示している。本研究の被験者においても、到達距離の大きかった男女熟練泳者は、体重と同程度のところでため動作を作り、ピークに向けて再度力発揮をしていた。従って、水中の重心移動速度を大きくするために、効率のよい力発揮をしていたといえる。

今後、この力を発揮している時の動作、いわゆる下肢の動きを照らし合わせていくことが重要であると考えられる。特に、腰関節、膝関節及び足関節における

屈曲と伸展のつながりを解明しなければならないであろう。また、さらに被験者数を加えた上で、男子と女子の身体組成を調査する必要もあると考えられる。

5. まとめ

本研究では、大学生女子熟練泳者に全力でけのび動作を行わせ、VTR画像とフォースプレートから、動作及び力発揮の様相を解析し、男子熟練泳者と比較検討することで、けのび動作における性差を明らかにすることを目的とした。その結果は以下の通りであった。

1. 到達距離が大きい者ほど0.5秒時の重心移動速度が速く、減少量が小さかった。また、初速度の大きい者ほど、重心移動速度の0.5秒時及び減少量が大きかった。従って、抵抗の少ない姿勢を水中で保持することができた者が速度を維持し、到達距離を伸ばすことができたと考えられた。
2. 男子熟練泳者は、接地位置において、女子熟練泳者は、投射角度において、水中の最も抵抗の少ない深さへ移動し、重心移動速度の減少を少なくし到達距離を大きくしていることが考えられた。
3. 重心移動速度と力積の関係から、力積を大きくすることで重心移動速度を大きくすることができ、到達距離を大きくすることができると考えられた。
4. 到達距離の大きかった被験者は、体重と同程度のところでため動作を作り、ピークに向けて再度力発揮し、水中の重心移動速度を大きくするために、効率のよい力発揮をしていたといえる。

6. 引用文献

- 1) 土井陽治郎・小林一敏・高橋伍郎(1983)競泳におけるフリップ・ターン技術の力学的考察. 東京体育学研究10:43-44
- 2) 土井陽治郎・小林一敏・松井敦典 (1984) 水流における流速の測定. Japanese Journal of Sports Sciences 3 (9) :694-699
- 3) 土井陽治郎・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.
- 4) 合屋十四秋・杉浦加枝子 (2000) 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・高木英樹・松井敦典・仰木裕嗣・高橋繁浩・杉浦加枝子 (2002) けのび動作の最速水位はどの位がよいか?. 第17回日本バイオメカニクス学会大会抄録集:33
- 6) Goya, T, K. Sugiura, Takagi, T, T. Nomura, A.

- Matsui, O. tsurumine, S. Takahashi. (2002) Forces and Image Analysis on Gliding Motion for Beginning and Competitive Swimmers. IXth World Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming
- 7) Goya, T, K. Sugiura, Takagi. T, T. Nomura, A. Matsui, O. tsurumine, S. Takahashi. (2003) Biomechanical analysis on glide swim training in beginners. XIXth ISB Congress. (abstract)
 - 8) Lyttle, A., Blanksby, B., Elliott, B. and Lloyd, D. (1999) Optimal Depth For Streamlined Gliding. Biomechanics and medicine in swimming 8:165-170
 - 9) 杉浦加枝子・合屋十四秋 (2000) けのび動作の習熟過程と気づきに関する追跡研究ーリリース前の動作と力発揮を中心にー. 水泳水中運動科学 NO3: 29-34
 - 10) 杉浦加枝子・合屋十四秋・鶴峯治・高橋繁浩・小粥由美子 (2001) 熟練泳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NO.4:11-15
 - 11) 佐藤進・出村慎一・中田征克・北林保・元祐謙吾・池本幸雄・高橋繁浩 (2000) 牽引装置を用いたグライド泳テストの信頼性及び客観性の検討. 水泳水中運動科学3:17-21
 - 12) 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.
 - 13) 高橋伍郎 (1983) 水泳における身体動作 Japanese Journal of Sports Sciences. 2. (7): 518-526.
 - 14) Takahasi.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., 192-198