

クロール泳の動作認識と 画像解析による泳ぎのマッチング

合屋十四秋 (Toshiaki Goya)
杉浦加枝子 (Kaeko Sugiura)

愛知教育大学教育学部
愛知教育大学大学院教育学研究科

〔要旨〕

本研究では、初心者1名を対象として一定期間のび動作からクロール泳までの練習を行なわせ、その前後に動きや感覚への「気づき」の変化をVTR画像解析と質問紙による追跡調査によって、それらのMatchingの度合いを明らかにすることを目的とした。その結果、けのびの到達距離は増大し、リリース時の重心移動速度も大きくなった。しかし、重心の投射角度は水面に対し下向きで減少したが、熟練者は上向きであった。クロール泳は当初36.8mを38.9秒でしか泳げなかったが、練習後は50mを46.6秒、ストローク数32、0.69 stroke/sec、1.56 m/stroke、平均泳速度1.07 m/secとなった。一方、動きや感覚への「気づき」は、けのびでは比較的動きへの「気づき」が容易であったのに対し、力を抜くなどの感覚への「気づき」は難しいようであった。クロール泳では、けのびに比べ複雑な動きが増えるため、その認識の度合いは困難であり、「気づき」は単純なものから複雑で高度な階層構造となっていることが示唆された。

◆キーワード：けのび、クロール泳、練習、画像解析、動きと感覚への気づき、マッチング

1. 目的

動作の学習の場合、頭でわかっているにもかかわらず、試してみると巧くできないというように、「わかる」ことが必ずしも「できる」ことに結びつかない¹⁾。従って、体育・スポーツの指導者は学習者が「できる」ようになるのと同時に、「わかる」内容や方法を考慮すべきであろう。すなわち、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かを明らかにしていく必要がある。しかし、これらの運動プログラムの改良と動作の再現性の双方がどのように関連し合って形成されていくのか、そのモデルさえもわかっていないようである²⁾。

星野³⁾は、走動作の「動きへの気づき」は「感覚への気づき」より認識しやすいと指摘している。筆者は、泳動作の推進部分（手や足）への「動きや感覚的気づき」は練習によって高まるが、「体幹への気づき」は難しいことを明らかにしてきた⁴⁾。しかし、泳動作に対するこのような認識の度合いと実際の泳ぎそのものとのMatchingがどのような様相を呈しているのかは、全くわかっていない。また、

初心者から中、上級者に至るまでのそれらの変化についてもほとんど言及されていない。

そこで本研究では、初心者1名に水中での基本姿勢であるけのび動作およびクロール泳を一定期間練習させ、その前後の動きや感覚への気づきの変化をVTR画像解析と質問紙による追跡調査によって、それらのMatchingの度合いを明らかにすることを目的とした。

2. 方法

被験者は、競技歴のない大学生女子の初心者1名（身長158.0cm、体重54.5kg）であった。練習は、週3回（1日2時間）を5週間行った。言語教示方法は、村川ら¹⁰⁾の感覚的言語を参考に行った。実験は練習前、中、後の3回実施した。VTR画像撮影は、水中窓からNAC社製HSV-400（200f.p.s）により被験者の側方を撮影した。画像分析は、Wolfram Research社製Mathematica 2.2.2を用いてデジタイズ、解析した。けのび動作は、爪先がプールの壁から離れる瞬間（以降リリース時）から1.1秒後までを分析し、重心移動軌跡、速度、および投射角度、腰および膝

関節角度変化を見た。クロール泳では、練習前後の平均泳速度、ストローク長、ストローク頻度、水中ストローク局面比、水中での手先の軌跡、水中側面および正面のトレース図などによりそれらの変化を比較、検討した。

質問紙法は、高橋ら¹²⁾ 合屋⁵⁾ による自己診断項目による方法を参考にし、作成した。動作に対する認識の質問は、「5.はい」、「4.いいえ」、「3.どちらともいえない」、「2.意識したことがない」、「1.質問の意味がわからない」であった。5.4.は「自分の動作や感覚をはっきりと認識している」とし、3.2.1は「認識していない」とした。

3. 結果

パフォーマンスの変化

リリース時から立つまでのけのび動作の到達距離は、練習前が5.7m、練習後が8.0mと大きくなった。熟練者のけのび動作の到達距離は、10.1mであった。

クロール泳は当初36.8mを38.9秒でしか泳げなかったのが、練習後は50mを46.6秒、ストローク数32、0.69 stroke/sec、1.56 m/stroke、平均速度1.07 m/secへと変化した。また、1サイクルに要した時間 (CT)、水中ストローク時間 (UST) および水中ストローク比率 (UST/CT*100) は練習前がそれぞれ1.81sec、1.13sec、61.7%、練習後が1.28sec、0.99sec、77.3%であった。

重心移動軌跡

図1.2.3に、練習前後、熟練者のリリース時から1.2秒までの重心移動軌跡を示した。重心移動軌跡の投射角度は、水面とリリースから0.5秒地点のなす角度とした。投射角度は、練習前が下向きに10.7

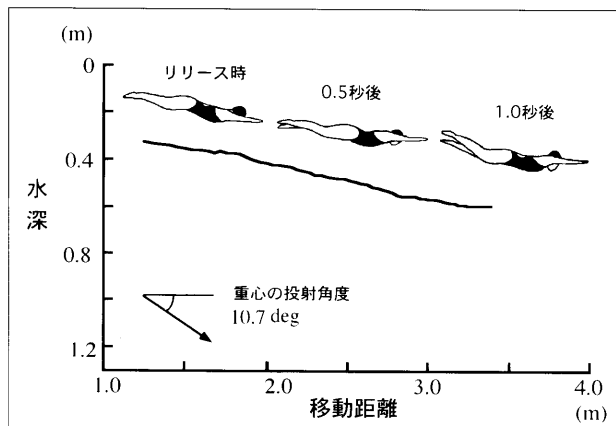


図1 練習前の重心移動軌跡

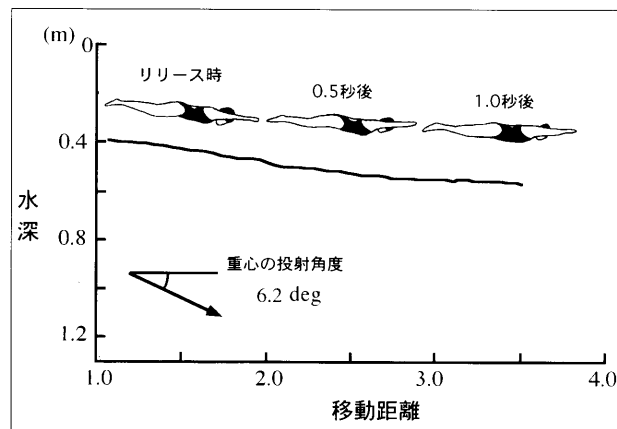


図2 練習後の重心移動軌跡

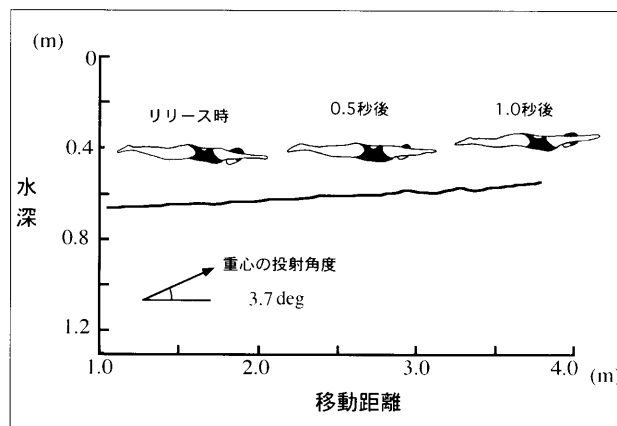


図3 熟練者の重心移動軌跡

度、練習後が6.2度であった。しかし熟練者の投射角度は上向きに3.7度であった。

重心移動速度

図4.に、リリース時から1.2秒後までの重心移動速度を示した。リリース時は練習前が2.32m/sec、練習後が2.68m/secであった。1.0秒後は練習前が1.40m/sec、練習後が1.60m/secであった。熟練者は

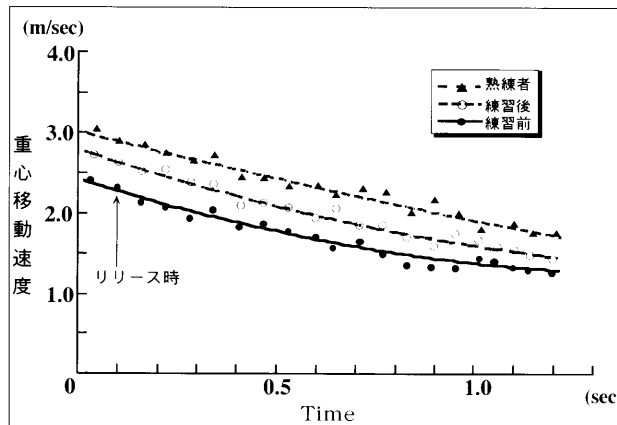


図4 重心移動速度の変化

リリース時が2.9m/sec、1.0秒後が1.9m/secであった。

腰および膝関節角度

腰関節角度は肩峰点、大転子点、膝関節中点のなす角度とし、膝関節角度は大転子点、膝関節中点、足関節中点のなす角度とした。0.5秒後の腰関節角度は、練習前が170.5度、練習後が172.1度であった。また、膝関節角度は、練習前が165.5度、練習後が176.5度であった。熟練者は、腰関節角度が175.4度、膝関節角度が178.9度であった。

水中側面および正面のトレース図

図5.6.7に練習前後、熟練者のクロール泳のトレース図を、図8に水中正面の写真を示した。練習前では、肘が伸びたストレートアームプルであることがわかる(図9参照)。練習後では、練習前に比べ肘

が少し曲がり、手のかき出し時に指先が揃うキャッチアッププルになっていた。それに対して熟練者では、図8からもわかるように肘が十分曲げられ、腰を落した安定したストリームライン姿勢がとれていた。また、手のかきの後半にあたるフッシュオフ時には手のひらで水を押ししている様子が見受けられた。

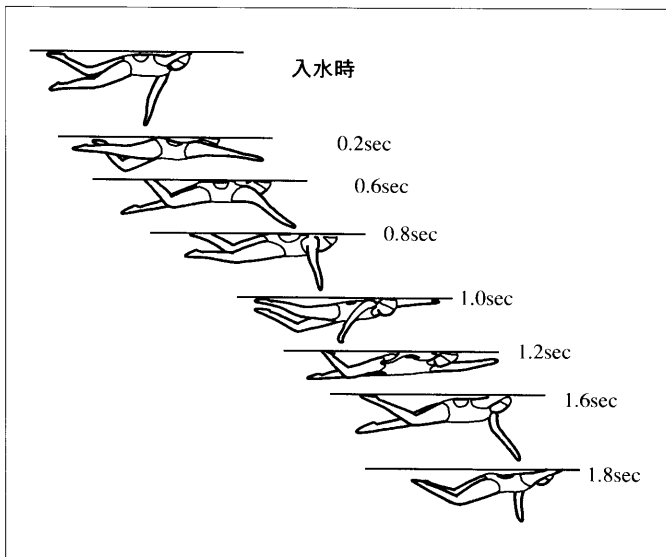


図5 練習前の泳フォーム

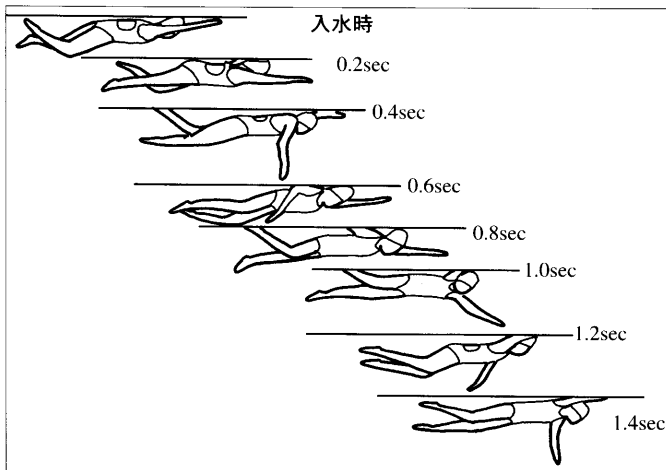


図6 練習後の泳フォーム

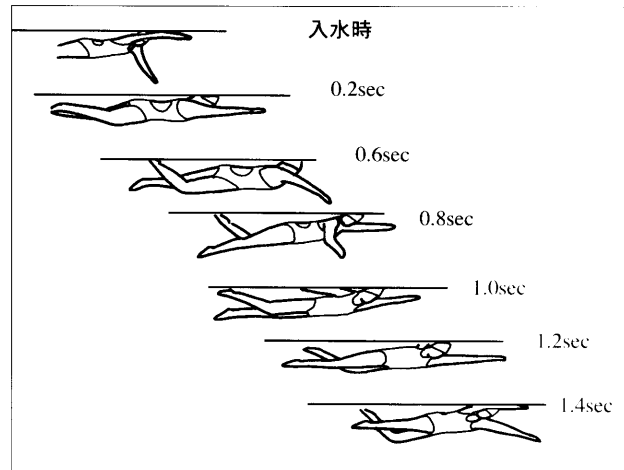


図7 熟練者の泳フォーム

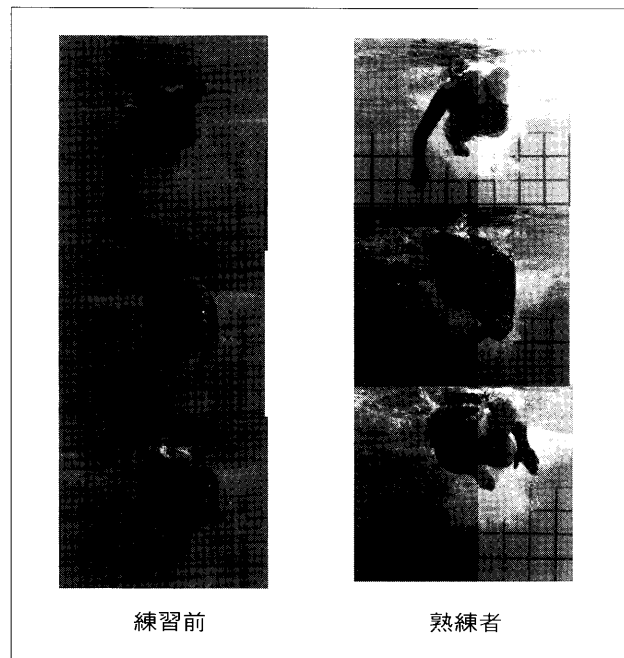


図8 正面からみた水中の手のかき

水中での手先の軌跡

図9に練習前後、熟練者の水中での手先の軌跡を示した。練習前はグライド局面が20.2%、実際の推進力に関与する手先の水平成分もほとんど見られ

ず、水中ストローク比率も69.7%であった。練習後は、グライド局面が33.3%、水中ストローク比率77.8%と手先の水平成分が若干みられた。一方、熟練者はそれぞれ40.3%、77.9%とさらに多くの手先の水平成分の動きが見られた。

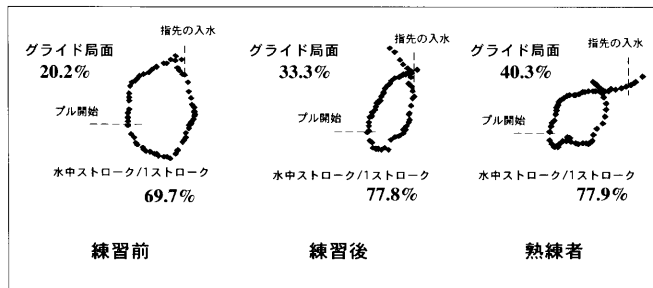


図9 熟練者の泳フォーム

質問紙による認識の変化

表1に、質問紙の各項目に対する練習前後の回答を示した。練習前では「2.意識したことがない」が70%以上を占め、あとは「4.いいえ」がほとんどであった。練習後では「5.はい」が最も多く65%以上、次に「4.いいえ」が30%弱であった。図10は、大項目である「姿勢」、「手、入水時」、「手、水中時」、「手、水上時」、「キック」、呼吸、「コンピネーション」に関する代表例の回答を示した。ほとんどの項目で練習前に比べて「気づき」の度合いが向上していることがわかる。

表1 質問項目と回答

【姿勢】	練習前	練習後	【手、水上時】		
1. 上体と腰が安定しているか	2	5	17. 肘を高く抜き上げているか	2	4
2. 膝が曲がりすぎているか	2	5	18. 手の甲は進行方向を向いているか	2	5
3. 腰、肩が落ちたり出たりしていないか	2	5	19. 肘や手首に力が入りすぎているか	2	4
4. 腰、首の力は抜けているか	2	4	20. 肘がリードし入水へと進んでいるか	2	4
5. 顎が出ているか	2	5	【キック】		
6. 肩で耳を挟むようにしているか	2	5	21. むちがしなるように大腿→膝→くるぶしの関節と順に伸びて蹴れているか	2	4
【手、入水時】			22. 足首の力が抜けているか	2	5
7. 指先から入水しているか	2	5	23. 水がズポッ、ズポッという音をたてているか	4	3
8. 肘が落ちていないか	2	4	24. しっかりと水を足の甲に感じて蹴り下げているか	4	4
9. 肘、肩を前方にしっかりと伸ばしているか	2	5	【呼吸】		
10. 視線は前方又は下方を見ているか	2	5	25. 前方で伸びている手が水面上部で平行になっているか	2	5
【手、水中時】			26. 呼吸時に顔は水面から出過ぎているか	4	4
11. 入水後、手（肘）を伸ばして体の中心の方へ曲げ、足の方へ伸ばしての順にかいているか	2	5	27. 水中で息を少しづつ吐いているか	3	5
12. 水をかくとき、手のひらは進行方向を向いているか	2	5	【コンピネーション】		
13. 手のひら（又は指先）に水を感じているか	2	5	28. 左右の手のかきのタイミングがあっているか	4	5
14. 大腿に触れる位まで水をかいているか	2	5	29. 手のかきと呼吸のタイミングがあっているか	4	5
15. 手のひらで水を足先の方へ押しているか	2	5	30. ローリングをしっかりと使っているか	1	5
16. 入水からブッシュまで徐々に速くなっているか	4	4	31. 手と足のタイミングは意識しているか	2	5

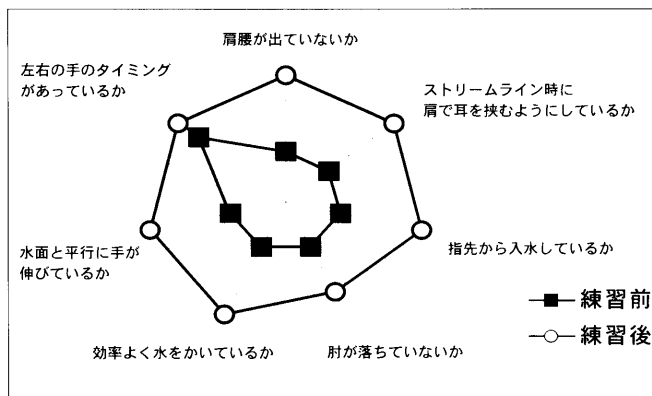


図10 質問項目に対する回答の変容

4. 考察

動作の変化について

けのび動作の到達距離は、5.7mから8.0mと2.21m増加した。投射角度は、下向きに10.7度から6.2度と4.5度小さくなった。しかし熟練者の到達距離は、10.1mと本被験者の練習後に比べ2.1m大きく、重心の投射角度は方向が全く異なっていた。すなわち、本被験者の投射角度が、練習前と練習後もプールの底に向かう下方であったのに対して、熟練者のそれは水面に向かう上方であった。動作の改善が練習によってなされたものの、より高度のレベルに達するには、より多くの試行錯誤と動作の洗練化が必要であると考えられた。また、熟練者はけのび動作を、

水面への浮き上がりから泳ぎへのストローク局面へとつなぐ一連の動作として学習していることが推察され、その結果の現れとして重心の投射角度が上向きになったと解釈できる。

一方、けのびの重心移動速度（リリース時）は練習によって0.36m/sec増大したが、その値は熟練者に比べ0.22m/sec小さかった。土居ら¹¹⁾によれば、未熟練者は顎が上り、両腕による頭のはさみつけが十分でないため、結果的に前面抵抗が大きくなったと報告している。本研究の被験者もほぼ同様の傾向がみられた。従って、上手なけのび姿勢を習得するには、壁を蹴り出す前に上体を水平に保ち、顎をひいて両腕で耳をはさみつけることが重要である。指導者および学習者は、壁に対して力を発揮し始める前までの動作に注目する必要がある。

クロール泳における水中の手のかきは、練習前では肘が伸びたストレートアームプルであったが、練習後では肘が少し曲がり、手のかき出し時に指先が揃うキャッチアッププルになっていた(図5,6)。一方、水中での手先の軌跡は、練習前のグライド局面が20.2%、水中ストローク比率69.7%に比べ、練習後はそれぞれ33.3%、77.8%とグライドを使って進行方向前方の水を掴もうとしており、特に実際の推進力に関与する指先の水平成分、すなわちプッシュ局面がみられるようになっていた。しかし、熟練者のプッシュ局面ほど多くはなかった(図9)。

動作認識の変化について

体育学習においては、よい動きが「できる」だけでは十分でなく、意識性、意図性の認識「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、動作そのものの合理性が必ずしも一致していないことが報告されている¹²⁾。一方、心理学分野では「わかっているのにできない」という現象は、正確な認知が成立しているにもかかわらず、作成された運動プログラムが不適切であることに起因するという¹³⁾。また、工藤¹⁴⁾は、外界の変化と自己の動きとの対応は、感覚的で短期間のレベルから系統的かつ組織的な運動プログラム（スキーマ）レベルが構築されることにあると報告している。このことは、運動プログラムのパラメーター、すなわち、目標となる動作に対して、どの身体部位を使い、どれだけの力と時間をかけて動作を行うかの指標であるスペ

ーシング、グレーディング、タイミング（猪飼1966、大築1998）に置き換えることができよう。しかし、実際の様々な動作がどのような処理過程でどのように組み合わせられ¹⁵⁾、適切に出力調整されてくるのかは未だに明確になっていない。

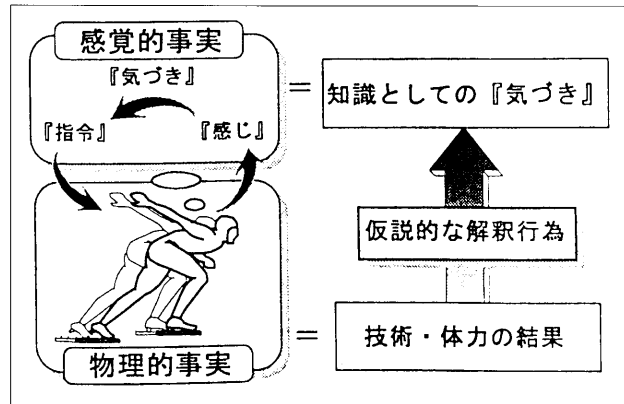


図11 Biomechanicsによる知見が競技力向上に役立つ過程（結城1999）

図11.にバイオメカニクスによる知見が競技力向上に役立つ過程¹⁶⁾のモデルを示した。これによれば「選手のパフォーマンスには筋が骨を動かす物理的な事実と氷の滑りやキックの反力を感じるといった感覚的な事実の2つの面がある」と言及している。具体的には、「選手は、動きを改善しようとするとき、感覚的事実の中でなにか新しい「気づき」を生みだし、これによって新しい指令を筋に送る」のである。運動は力学的に理解し、感覚的に覚えることが重要なのである¹⁷⁾。麓¹⁸⁾は猪飼¹⁹⁾の $P = C / E \cdot M$ というパフォーマンスの発現に関する式からCはバイオメカニクス、Eは運動生理学、Mは体育心理学のそれぞれの学問分野に関係すると説明している。したがって、身体運動の理解にはこれら3分野の学際的な研究の必要性を指摘している。

筆者は、水中運動の動作認識の高まりと、実際の動きがマッチングしているのかどうかを映像解析などと合わせて解明することの重要性を指摘してきた²⁰⁾。その結果、クロール、背泳ぎ、バタフライでは主に「手のかき」に、平泳ぎは「足のけり」に有意な認識の高まりが認められた。すなわち、意識の集中は、各泳法で最も大きな推進力を生み出すと考えられる身体部位に移行すると解釈した。

本研究では、水泳運動の基本である「けのび動作」

と「クロール泳」について、それらの認識と動作の Matching の度合いについて焦点をあててみた。表1の「けのび動作」に関する「姿勢」の項目全体を見ると、練習前ではすべての項目において「意識したことがない」と答えていた。これは、「気づき」のレベルが「わからない」か「できていない」という認識の表れと考えられる。しかし、練習後では「はい」が65%以上、次に「いいえ」が30%弱であり、「できている」、「できていない」の認識が明確になり、「気づき」の度合いが向上していることが読み取れる。それに対して、「腰・首の力が抜けているか」については「いいえ」と回答していた。これは「力が抜けているか」という「感覚的な気づき」に対する認識が他の「動き」に対する認識より困難であることを示唆している。同様の結果が走運動⁹⁾でも観察されており、「気づき」のレベルには質的な相違が存在するように思われる。

一方、クロール泳の「手、入水時」、「手、水中時」、「手、水上時」、「キック」、呼吸、「コンビネーション」に関する項目では、ほぼ、「はい」と「いいえ」と答えており、はっきりと自覚していることが伺えた。そこで、「いいえ」と答えた内容をまとめてみると、1) 手足の水圧を感じる（質問項目16、24）、2) リラックスする（同4、20）、3) 速度の調節（同16）、4) 柔軟な動き（同8、21）となり、「けのび動作」と同様に感覚的な「気づき」やより高度で複雑な動きはその認識のレベルが非常に困難であり、階層構造化されていることが推察された。籠¹⁰⁾は、人間にはよいものへの「ゆらぎ」があり、再現性が高まるとともにその「ゆらぎ」への感覚も鋭敏になり、たまたま再現性ある動作から外れた試行がより効果的だったという発見をして、それが判断基準となり新しいより上位へのフォームへの変換に向かうと報告している。従って、基本的な技術を手がかりとして、初歩的なレベルからある完成された一定レベルに達するまでの「動き」と「気づき」が、どのようにかかわり合って階層構造が形成されるのかをモデリングする作業、とくに縦断的な追跡調査、測定が今後の課題としてあげられる。

5. まとめ

本研究では、大学生女子の初心者1名を対象として

一定期間けのびおよびクロール泳動作を練習させ、その前後に動きや感覚への気づきの変化をVTR画像による動作解析と質問紙による追跡調査によって、そのMatchingの度合いを明らかにしようとした。

結果は以下の通りであった。

- 1) けのび動作の到達距離は5.7mから8.0mへと大きくなり、リリース時の重心移動速度も 2.32m/secから2.68m/secと大きくなった。重心の投射角度は練習前、後ともに水に対し下向きで減少（10.7度から6.2度）した。一方、熟練者の到達距離は、10.1m、重心移動速度は2.9m/secであった。重心の投射角度は上向きに3.7度であった。
- 2) クロール泳は当初36.8mを38.9秒、ストローク数20回、0.51 stroke/sec、1.84m/stroke、平均泳速度0.95 m/secでしか泳げなかったが、練習後は50mを46.6秒、ストローク数32回、0.69 stroke/sec、1.56 m/stroke、平均泳速度1.07 m/secと変化し、動作認識も同時に高まった。
- 3) けのびの重心移動速度は練習によって0.36m/sec増大したが、その値は熟練者に比べ0.22m/sec小さかった。従って、上手なけのび姿勢を習得するには、壁を蹴り出す前に上体を水平に保ち、顎をひいて両腕で耳をはさみつけることが重要である。
- 4) 水中での手先の軌跡は、練習前のグライド局面が20.2%、水中ストローク比率69.7%に比べ、練習後はそれぞれ33.3%、77.8%とグライドを使って進行方向前方の水を掴もうとしており、特に実際の推進力に関与する指先の水平成分、すなわちプッシュ局面がわずかに出現したのが認められた。
- 5) 動きや感覚への「気づき」は、けのびでは比較的動きへの「気づき」が容易であったのに対し、力を抜くなどの感覚への「気づき」は難しいようであった。一方、クロール泳では、感覚的な「気づき」やより高度で複雑な動きはその認識のレベルが非常に困難であり、階層構造化されていることが推察された。

【引用文献】

- 1) 天野義裕(1987)：陸上運動の方法、道話書院、77-81.
- 2) 荒木雅信(1989)：身体運動の発現に関わる認知的側面、

体育の科学 39：615-620.

- 3) 大築立志 (1998)：予測とタイミングからみたヒトの随意運動制御、体育学研究 43：137-149.
- 4) 上居陽治郎・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.
- 5) 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.
- 6) 星野公夫(1982)：走動作における身体への気づき、順天堂大学保健体育紀要25：78-87.
- 7) 猪飼道夫(1966)：生理学から見たCoordination、体育の科学 16：558-560
- 8) 伊藤政展(1989)：身体運動の制御と学習における運動プログラムとスキーマの役割、体育の科学39：609-614.
- 9) 藤考幾 (1989)：発達と運動反応スキーマの形成、体育の科学 39：621-626.
- 10) 村川俊彦ほか、(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.
- 11) 麓信義 (1989a)：身体運動における学習効果の確認、体育の科学 39：598-605.
- 12) 高橋伍郎 (1984)：ベストスイミング、古橋廣之進編著、34-105、日本放送出版協会.
- 13) 結城直啓 (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 44：33-41.