

クロール泳におけるフリップターンの習熟過程

合屋十四秋, 松井敦典, 高木英樹
愛知教育大学, 鳴門教育大学, 三重大学

平成9年3月

日本バイオメカニクス学会

クロール泳におけるフリップターンの習熟過程

合屋十四秋¹⁾, 松井敦典²⁾, 高木英樹³⁾

1)愛知教育大学, 2)鳴門教育大学, 3)三重大学

Longitudinal analysis on impulses and the turning motion during crawl flip turn

Toshiaki GOYA, Atunori MATSUI, and Hideki TAKAGI

The purpose of this study was to clarify the training process during crawl stroke flip turning motion by use of under-water force plate and NAC high speed video camera system. A beginning swimmer was employed as the subject to perform flip turn motion during about 30 days training.

The results were obtained as follows,

1. There were significant differences in the 10 m total swimming turn time between pre ($7.74s \pm 0.25$) and post ($7.54s \pm 0.23$) training ($p < 0.05$).
2. The depth for the trajectory of C.G decreased from 38.9cm to 23.5cm.
3. However, The magnitude of impulses during push off phase increased from 532.0N to 827.6N respectively.
4. It was suggested that stream-lined position should be taken at the twist- turning phase smoothly.
5. Moreover, the turning motion would be improved skillfully when the swimmer should be acquired the appropriate magnitude and the direction of power at the push off phase.

Keywords：クロール, フリップターン, 水中フォースプレート, 映像解析, 習熟過程

1. はじめに

水泳のターンに関する研究はスタートやストローク分析に関する研究に比較して希有である (Nicol et al., 1979) (土居ら, 1983, 1985) (Chow et al., 1984) (Ulrich et al., 1988). これは, 1) ターンが泳ぎの技術という範疇に入りにくいこと, 2) ターンの構成に関する共通理解が得られるような解釈がなされてないことなどが考えられる (高橋ら, 1983).

一方, これまでのバイオメカニクス研究は, 競技スポーツの熟練者と一般の未熟練者を比較検討する Descriptive なものがほとんどであり, 縦断的に 1 人の被検者の習熟過程を追跡し, 実践的側面に言及しようとした研究は皆無である.

そこで本研究ではクロール泳のターン動作の習熟過程を明らかにするために, 大学生女子の未熟練者 1 名にフリップターン (俗に言うクイックターン) を約 1 ヶ月間トレーニングさせた. そのトレーニング前, 中, 後の動作を NAC High Speed VTR System

を用いて撮影, 分析し, 泳フォームの変化と重心の移動軌跡を求めた. 同時に壁を蹴ったときの衝撃を自作の水中フォースプレートによって同期し, これらのデータから一定期間の練習プログラムによってどのように動作が改善され, 習熟していくのかを探り, 泳法指導の実践的資料を提供することを目的とした.

2. 方法

2.1 被検者

被検者は大学生女子 1 名 (20 歳) であり, 身長 152 cm, 体重 50 kg, 競泳の競技歴は 2 年と 4 カ月であった. また, 比較の対象として熟練者 (大学生女子: 21 歳) 1 名も被検者とした.

2.2 実験装置

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) を自作し, フックでプールの壁に設置した. 縦 50 cm, 横 50 cm, 厚さ 0.8 cm のステンレス製の板 2 枚と直径 8.4 cm

の円形ステンレス製金具4つを用意し、2枚の板の間に4つの金具を板の四隅より10 cm内側に設置し、作成した。

2.3 実験装置の構成

図1に実験装置の構成を示した。被検者には肩、肘、手関節および腰、膝、大転子にリファレンスマークをつけ、映像分析のマーカースとした。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6 M 82）で増幅し、MacLab 8 s（ADI社製）でAD変換し、Apple Computer（LC 630）に入力した。映像はNAC社製HSV-400で水上の動きと水中観察窓からの水中の動きを同時に毎秒200コマで撮影した。この時、フォースプレートからの電気信号と映像を付属のウェビンスーターにより同期した。

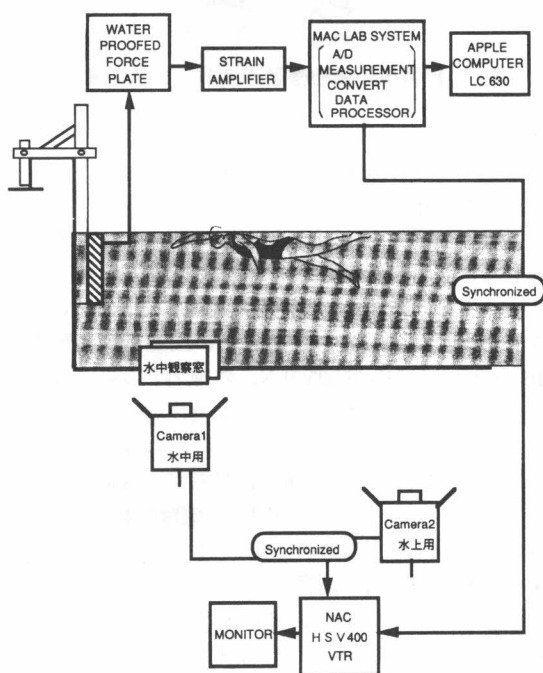


図1 本実験のブロックダイアグラム

2.4 実験手順

被検者に2日に1回・1日1時間、計11回の練習を行わせた。練習内容は、おおよそ3段階に分け、回転準備、回転動作、Push offの順に組み合わせて行った。

実験は、練習前、練習期間中、練習後の3回行った。被検者に壁前10 mよりフリップターンを10回行わせ、映像撮影と衝撃の記録はTurn-in 5 mとTurn-out 5 mの計10 m（以下10 mターン区間）の範囲をカバーした。

2.5 ターン動作の所要時間

10 m ターン区間を次の5つの局面に分け、頭の先端が各地点を通過した時間を割り出した。

<ターン準備期>

ターン前5 mからターン前3 mまで

<ターン開始期>

ターン前3 mから足先が壁に着地するまで

<ドライブ期>

足先が壁に着地してから離れるまで

<グライド期>

足先が壁から離れてからターン後3 mまで

<ストローク開始期>

ターン後3 mから5 mまで

2.6 重心の移動軌跡と衝撃

VTR映像から、全身22点の座標をNAC社製映像解析システムにより、0.025秒おきの重心移動軌跡および速度変化を算出した。同時にフォースプレートからの電気信号をA/D変換し、衝撃波形をターン動作と同期させた。

3. 結果

3.1 ターン動作の所要時間

図2に被検者A.Kの10 m ターン区間における練習前、練習期間中、練習後の平均と標準偏差および各局面の所要時間の平均を示した。図3に熟練者C.Kとの比較を示した。A.Kの練習前の10 m ターン区間タイムは7.74秒、練習期間中は7.92秒、練習後は7.54秒であった。練習前と練習後では0.2秒速くなった。これは、統計的に5%水準で有意な差がみられた。各局面毎に見ると、平均でターン準備期は

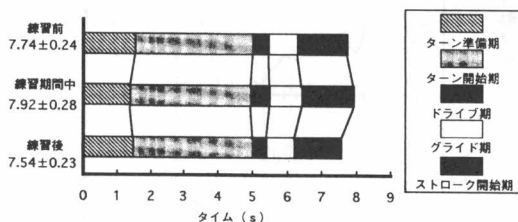


図2 ターン練習前・練習中・練習後の各所要時間

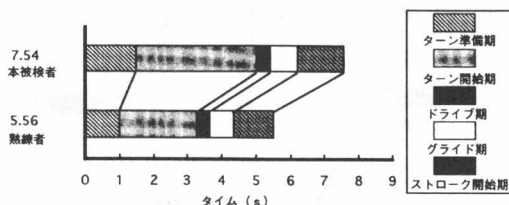


図3 本被検者と熟練者とのフリップターン所要時間の比較

1.57 秒から 1.49 秒, ドライブ期は 0.46 秒から 0.37 秒, グライド期は 0.82 秒から 0.79 秒, ストローク開始期は 1.40 秒から 1.35 秒とそれぞれ短縮された。

熟練者 C.K の 10 m ターン区間タイムは, 5.60 秒であり, 壁前 3 m からターン後 3 m まで (以下, 実質ターン区間タイム) は 3.36 秒であった。被検者 A.K の練習後の実質ターン区間タイムは 4.70 秒であった。熟練者と A.K の間で大きな差はターン開始期であった。その時間は熟練者が 2.30 秒, A.K の練習後が 3.54 秒であり, その差は 1.24 秒であった。

3.2 重心移動速度

被検者 A.K の練習前の重心移動速度と圧力変化を図 4 (練習前), 図 5 (練習後) に示した。練習前の速度曲線は回転中にいくつかのピークがみられ, 足が壁に着く時にかなりの低下を示した。その後, 壁を蹴る時点で再び増加し, 壁を蹴った後に最高速度を示した。最高速度は 2.36 m/s であった。蹴り出すときの加速度は, 4.20 m/s^2 であった。

一方, 練習後の重心移動速度は, 回転中にはっきりとした 3 つのピークがあらわれた。足が壁に着いた後は練習前とほぼ同様な傾向を示した。最高速度は 2.32 m/s であった。蹴り出すときの加速度は, 6.66 m/s^2 であった。

熟練者 C.K の重心移動速度は, 被検者 A.K の練習後とほぼ同様な波形を示したが, 熟練者の方が速度変化が大きかった。最高速度は 2.18 m/s であり,

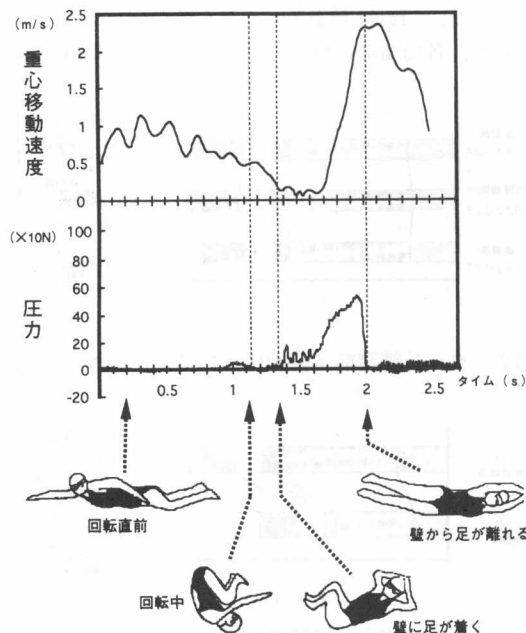


図 4 練習前の重心移動速度および圧力変化

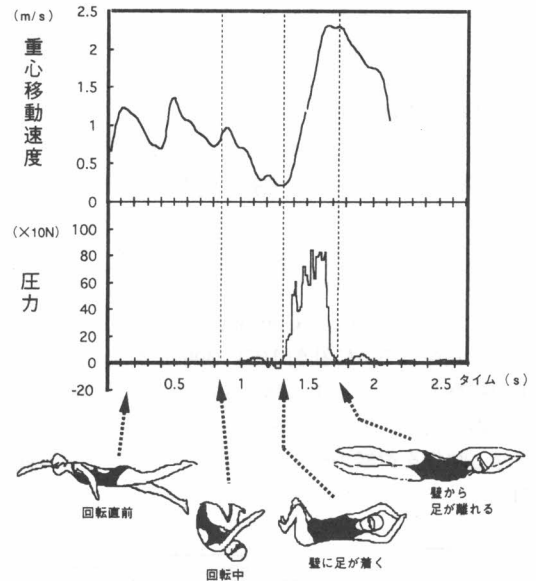


図 5 練習後の重心移動速度および圧力変化

蹴り出すときの加速度は, 6.6 m/s^2 であった。

3.3 圧力変化

被検者 A.K の練習前, 練習後の圧力曲線は, 着地後ともに 2 つのピークを持つ変動を示した。1 つ目のピークは回転を終え足が壁に着地するまでで, 非常に短時間であった。このときの圧力は練習前が 167.5 N, 練習後が 595.9 N, 熟練者が 583.2 N であった。その後, 僅かに減少し, 壁を蹴る地点で最大のピークを示した, このときの圧力は練習前が 532.0 N, 練習後が 827.6 N, 熟練者が 830.0 N であった。壁を蹴っている時間は, 練習前が 0.7 秒, 練習後が 0.4 秒, 熟練者は 0.37 秒であった。

3.4 力積・蹴り出し速度

被検者 A.K の練習前, 練習後の力積は $157.4 \text{ N}\cdot\text{s}$, $183.4 \text{ N}\cdot\text{s}$ であった。また, 抵抗がないと仮定した時, 足が壁から離れるときの速度 (力積を被検者の体重で除して得られた速度: 以下力積速度) は練習前が 3.21 m/s, 練習後は 3.74 m/s であった。力積および力積速度はともに練習前から練習後にかけて若干増大した。プッシュオフ時の重心の最高速度 (以下, 蹴り出し速度) は練習前が 2.36 m/s, 練習後が 2.32 m/s と大きな変化は見られなかった。一方, 熟練者の力積は $154.8 \text{ N}\cdot\text{s}$, 力積速度は 2.99 m/s, 蹴り出し速度は 2.18 m/s であり, 本被検者 A.K とさほど大きな差はみられなかった。

3.5 重心移動の軌跡と泳フォームの変化

図 6 に被検者 A.K の練習前, 図 7 に練習後, 図 8 に熟練者の重心移動軌跡と動作のトレースを示し

た。重心移動軌跡は、A.K.の練習前では回転中に下方への落ち込みがみられ、水面近くの最高点から垂直方向に最も離れた最低点まで(以下、重心落下高)の距離は38.9 cmであった。壁から足が離れた後の重心移動軌跡は、壁と水面とのなす角度を90度とすると、壁と重心移動軌跡とのなす角度(以下、重心投射角)は65度であり、プールの底に向かって斜め下方へ移動していた。それに対して、練習後、回転中の下方への落ち込みが若干見られ、重心落下高は23.5 cmと練習前に比べ低値を示した。重心投射角は97度であり、水面に向かって斜め上方への移動と変わった。熟練者の重心落下高は18.3 cm、重心投射

角は95度であったことから、被検者 A.K. は、練習後ほぼ熟練者の値に近づき、着地後、体幹の回転に伴うひねり動作がみられるようになった。

4. 考察

4.1 ターン所要時間

競泳のレース、特に短距離ではスタートやターン、フィニッシュ局面の重要性が指摘されている(若吉, 1992)。その中で高橋(1983)はターン準備期、ターン開始期、ドライブ期、グライド期、ストローク開始期の各区分に10 m ターン時間を分割し、各期の所要時間を計測することによってターンを構成する要素を伺い知ることができるとしている。

本被検者 A.K. の練習前と練習後の10 m ターン所要時間は0.2秒有意に($p < 0.05$)短縮され、練習の効果が表れた。実質ターン区間タイムは、本被検者が4.70秒、熟練者が3.36秒とターン技術の習熟度にはまだかなりの差があることがわかった。一方、練習期間中頃には若干タイムが増加したが、これは技術の習熟過程での変動が大きくなることを示唆しており、いわゆる「できる」時と「できない」時の不安定さが出現すると考えられ、これ以降、技術の定着が進みその変動幅を縮めていくことが予想された。各動作局面毎に見てみると、全体的に僅かずつ短縮されていることが伺えた。ところが、熟練者と比較すると、ターン開始期のタイム差は1.2秒もあり、練習によって縮めた時間の6倍にもなった。これは、フリップターンの練習過程でキープポイントとなるのはターンの前半部分であり(高橋, 1983)、この局面の改善内容や練習時間の重みづけを考慮する必要があることを示すものであろう。実際、ターンの後半部分の回転動作に練習のウェイトが置かれるようであるが、指導の手続きからすればターンに入る前の動作を安定させ、確実に回転できる体制をとらせることが効果的であると考えられる。

4.2 壁を蹴る力とターン動作

本研究の結果、壁を蹴るときに力積は被検者 A.K. の練習前(532.0 N)から練習後(827.6 N)にかけて大きく、壁を蹴っている時間は短くなった(0.7 s ~ 0.4 s)。また、蹴り出し速度は練習後にはほとんど増加は見られなかったが、蹴り出すときの最高速度に達するまでの時間は短く、加速度は大きくなった($4.20 \text{ m/s}^2 \sim 6.66 \text{ m/s}^2$)。このことは、回転動作の改善に伴い、素早い蹴りが行えるようになったと考えられる。熟練者の力積は830.0 Nであったが、Takahashi et al (1983)の報告に比べるとおよそ1/3に匹敵する値であった。これは本被検者(女子)の熟練度が中等度であり、後者の被検者が男子 Elite

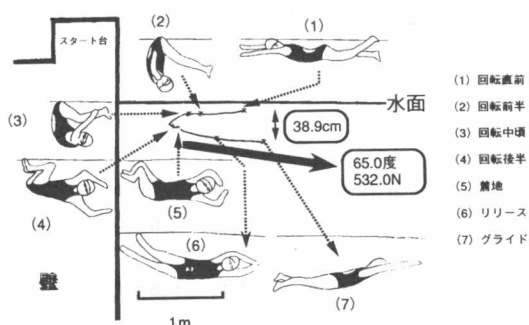


図6 練習前の重心移動軌跡と泳フォーム

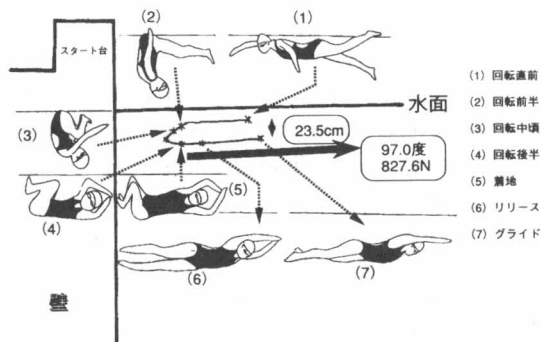


図7 練習後の重心移動軌跡と泳フォーム

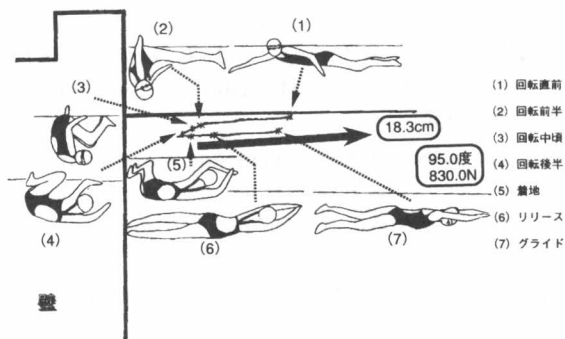


図8 熟練者(C.K.)の重心移動軌跡と泳フォーム

Swimmer であったことおよび蹴り方の差異によるものと考えられた。

ところで、身体を身体重心に代表される質点に単純化して考えると、ターンは泳者の運動方向の変換である。泳者は壁に向かって泳ぎ、ターンを行い、壁を蹴ってまた元の位置に戻ることを考えると、理論的にはターン前とターン後の軌跡が一直線になると移動距離が短くなり、理想的であるといえる。本研究の結果、被検者 A.K. の練習前の重心落下高は 38.9 cm、重心投射角が 65 度、蹴り出すときの力積は 532.0 N であったが、練習後にはそれぞれ、23.5 cm、97 度、827.6 N とターン後の重心落下高が小さくなり、ほぼ水面と平行に移動したことが確認された。力積が大きいことと蹴り出す方向がうまくマッチングされて始めて効率的な蹴る動作が完成されると思われるが、この動作以前の回転技術が洗練、高度化されるのが前提である。一方、練習前と練習後の力積速度と蹴り出し速度とには、一定の傾向が見られないようであった。土居ら(1985)はこの双方の速度の差からドライブ期の水抵抗を知ることができ、けのび動作の評価を行なえるとしている。しかし、双方の速度差には一元的な関係は見られなかったと報告している。これは、プッシュオフの瞬間のみだけでなく、それ以降のストリームライン姿勢のとり方如何によって、進行方向に対する身体の横断面積が変わると考えられるからである。言い換えれば、泳者がターン後、下方又は上方へ移動すれば抵抗が増大し、すぐに失速してしまうからである。従って、壁を蹴る力と速度のみでなく、蹴り出す方向も評価していくべきであろう。さらに、回転中に身体の長軸まわりの捻りを用いることもフリップターン技術に関して重要である(土居ら, 1983)。すなわち、回転中に蹴り出す準備を始め、壁に足が着地した時点でけのびに近い体勢にすることがよいターンを行うには必要なのである。つまり、ターン開始期では非常に短い時間に、方向を変えながら上体を捻り、着地した時には適切なストリームライン姿勢をとっていることが要求される。

5. まとめ

本研究では、末熟練者 1 名を対象にしてフリップターン動作を水中フォースプレートおよび High Speed VTR system を用いて壁を蹴る力およびターン動作の巧拙を縦断的に追跡することによって、その習熟過程を明らかにし、泳法指導の基礎的資料を得ることを目的とした。結果は以下のものであった。

(1) 10 m ターン区間の所要時間は、被検者 A.K. の練

習前では 7.74 秒、練習後は 7.54 秒と有意 ($P < 0.05$) な短縮がみられた。

(2) 壁を蹴る力の最大値は、練習前が 532.0 N、練習後が 827.6 N であり、壁を蹴っている時間は、練習前が 0.7 秒、練習後は、0.4 秒であった。

(3) 壁を蹴るときの重心の加速度は、練習前が 4.20 m/s^2 、練習後が 6.66 m/s^2 であり、練習前から練習後にかけて短い時間で大きな加速を得て、素早い蹴りが行えるようになった。

(4) 重心落下高は練習前が 38.9 cm、練習後が 23.5 cm であり、垂直方向の重心移動が小さくなり、蹴り出す方向は斜め下方からやや斜め上方に変わった。

(5) 壁を蹴る技術を評価するには、力の大きさや素早さだけではなく蹴り出す方向にも注目する必要がある。

参考文献

- Chow, J.W., and Hay, J.G. (1984): Turning Techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Science*, (2) 241-255.1984.
- 土居陽治郎, 小林一敏, 前田寛, 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, 第 10 号, pp43-44.1983.
- 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, 第 12 号, pp115-119. 1985.
- Nicol, K., and Krüger, F. (1979): Impulse in performing several kinds of swimming turns. J. Ter-auds and E.W. Bedingfield (eds.), In: *Swimming*, pp222-232.1979. University Park Press, Baltimore.
- 高橋伍郎, 坂田勇夫, 椿本昇三, 阿江通良(1983): 運動構造にもとづく水泳ターン技能の実用的評価法, 筑波大学体育科学系紀要, 6: pp65-72.1983.
- Takahashi, G., A. Yoshida, S. Tsubakimoto, and M. Miyashita, (1983) Propulsive force generated by swimmers during turning motion. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing and G. Groot (eds.) *Biomechanics and Medicine in Swimming*. pp192-198.
- Ulrich, (1988): Displacement and speed characteristics of the breaststroke turn-A cinematographic analysis displacement. *Swimming V*. pp93-98.
- 若吉浩二 (1992): 競泳のレース分析体育の科学, (42) 6: pp420-425.