

運動構造にもとづく水泳ターン技能の実用的評価法

高橋 伍郎・坂田 勇夫・椿本 昇三・阿江 通良

A Practical Method for Evaluation of Swimming Turn Skill Based on the Movement Structure

Goro TAKAHASHI, Isao SAKATA, Shouzo TSUBAKIMOTO and Michiyoshi AE

From the biomechanical point of view, swimming turn can be considered as the conversion of the momentum of an entered turning swimmer into that of returned turning swimmer.

Swimming turn skill consists of six phases such as normal swimming stroke, entering to turn, changing body position, drive for gliding, gliding, and transferring to normal stroke.

Measuring elapsed time of each phase may help to understand swimming turn skill and to evaluate individual turn skill. For the evaluation of swimming turn skill, six measuring phases were established : 10 m total swimming turn phase, preparative phase of turn, turn-beginning phase, drive phase, gliding phase, and preparative phase of swimming stroke.

The subjects employed were eight trained and twenty seven untrained swimmers of T university (18-22 yrs). Swimming turn were recorded by a video tape recorder through an underwater window. Qualitative analysis was based on the observation of the elapsed time for each phase and quantitative data were calculated from the time measured with a stopwatch.

The results were summarized as follows :

1. It was shown that mean and standard deviation of normal turn for the trained was 6"14 ($\pm 0"48$) and flip turn was 5"99 ($\pm 0"50$). It was shown that mean and standard deviation of normal turn for the untrained was 9"66 ($\pm 1"50$) and flip turn was 10"50 ($\pm 1"75$).
2. There were highly significant differences in elapsed times of each phase between the trained and the untrained except drive phase.
3. Comparing between 10m total swimming turn time of normal turn and flip turn, the untrained showed that time for normal turn was shorter than flip turn, resulting from the longer time of the phase of beginning turn in flip turn. However, the trained showed that time for flip turn was slightly shorter than normal turn, resulting from longer time of the drive phase and the gliding phase in normal turn.
4. Setting the each phase of swimming turn based on distance and measuring the times elapsed were easy and simple. This method attempted in the present study may be one of the excellent method for evaluation methods of swimming turn skill for practical use.

I 緒言

水泳ターンに関する研究はこれまで King (1956)²⁾, FOX(1963)¹⁾, Schart(1964)⁴⁾, Ward (1976)⁶⁾, Nicol(1979)³⁾, Takahashi(1982)ら⁵⁾によって行われている。しかしながら他の水泳運動に関する科学的研究に比較して研究例は少ない。これは、一つには水泳ターンが泳ぎの技術という範疇に入りにくく、研究者や指導者の興味をひきにくいこと、前述の報告書等にもみられるように水泳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いないことなどによると考えられる。

本研究は、はじめに水泳ターンの運動構造に関する運動学的考察を試み、つぎにターンの運動構造にもとづいた、実際の指導や練習に応用できるターン技能の評価法を確立しようとするものである。

II 水泳ターンの運動構造

1 水泳ターンの力学的考察

水泳ターンは、力学的にみると、ある速度と質量をもった泳者の運動量の変換過程と考えることができる。いま座標軸の正の向きを右向きにとると、ターンを行おうとプール壁に向かって右向きに泳いでいる泳者のベクトルは正、ターンを終えて、もとの方向へ向かって泳ぐ泳者のベクトルは負である。質量Mの泳者が速度Vで移動していき時間tの間にターンを終え再びもとの方向へ速度V'でもどるときを考えると、その泳者の運動量の単位時間あたりの変化は、運動法則により、次のように表わされる。

$$\frac{MV' + MV}{t} = F \dots\dots\dots (1)$$

ここで、Fはこのとき泳者に作用した力である。この式により短い時間内でターンを行うようにするためには大きな力が要ること、大きい速度をもってターンに入り大きい速度をもってターンを終えるためにはより大きな力が要ることなどがわかる。また、ターンに入る速度とターンを終えた時点での速度が等しいときは

$$F = \frac{2MV}{t} \text{となり、}$$

同じ速度からの運動の停止または静止から同速

度への力の作用と比較して2倍の力が必要とされる。

(1)式は次のように書きかえられる。

$$MV' + MV = F \cdot t \dots\dots\dots (2)$$

右辺のF・tは物体に作用した力と、その力の作用した時間の積、すなわち力積である。Takahashiら⁵⁾は水中にフォースプラットフォームを設置し、ターンおよび伸びの際にプラットフォームに作用する力をストレングージ法により測定している。それによると、伸びの際の力積と速度には関連があるが、ターンの際の力積と速度の関係には重心まわりの回転、泳者の抵抗など他の要因が影響を及ぼし、必ずしも一様であるとは言えない。しかし、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り、プール壁および水と泳者の力の働きかけによって行われると考えられ、式(2)はその際の力学的背景を示すものである。

2 クロールにおけるノーマルターン (NT) の運動構造

クロールで泳いでいく泳者はプール壁に近づくと手を壁側に伸ばし、反対側の手をももまでかききったいわゆるタッチ姿勢をとる。次に、手のタッチを行い、ほとんど同時に肘、腰、膝などを屈曲し足裏をプール壁に近づけ、ドライブのためのセットポジション姿勢をとる。ついで、泳者はそこからグライドのためのドライブを始める。足のリリースは手先きから足先までが真直ぐに伸ばされた状態で行なわれる。そして、そのままグライド姿勢を維持してグライド速度が通常泳速度を下回る前に浮き上がり、クロール泳に移る。

このように、クロールのノーマルターンの運動構造は、

- (1) クロール泳から片手を伸ばしてのタッチ姿勢 (図1-①②③)
- (2) 姿勢変換のための手のプッシュそれに続く足のタッチ (④)
- (3) セットポジションおよび足の壁に対するドライブ (⑤)
- (4) 足のリリースおよびグライド (⑥⑦)
- (5) 浮き上がりからクロール泳 (⑧)

の各局面に分けることができる。そして特に(2), (3), (4)をターンの主要局面とみることができる。

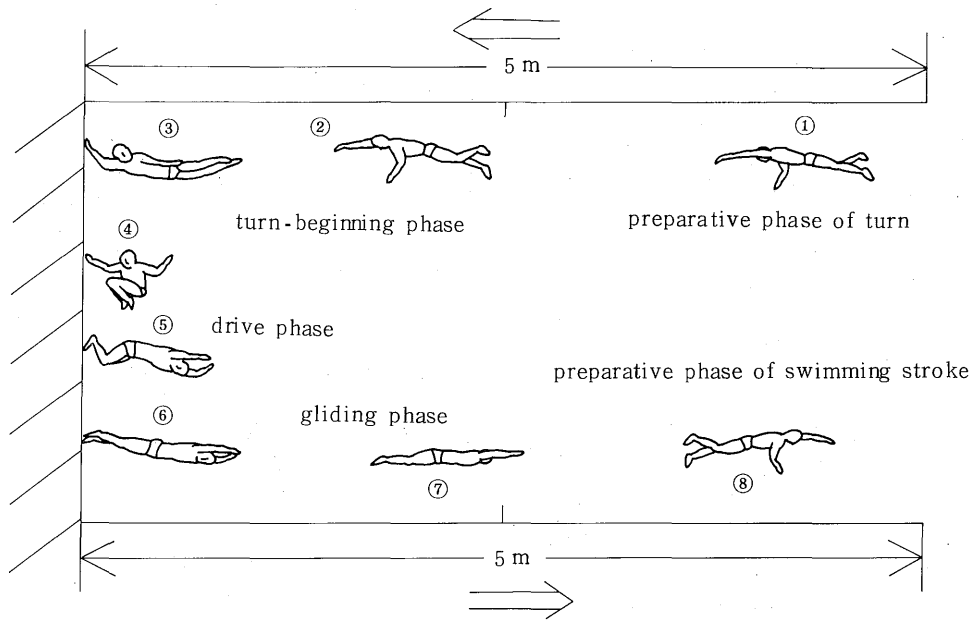


Fig. 1 Swimming turn phases in normal turn

3 クロールにおけるフリップターン (FT) の運動構造

クロールで泳いでいく泳者はターン動作に入る前、手を体側におさめる。この両手を体側につけて身体を伸ばした姿勢をフリップターン開始前姿勢と名づける。この姿勢からただちにドルフィンキックを一つ打ち手掌をプレスダウンしながら回転動作に入る。この回転動作は頭をできるだけ胸に近づけるように折ることから始まり、腰、下半身は水面上を滑っていく。上半身が充分反対方向に向きを変えるのと同時に下腿、足などは空中を移動する。そして、水面に叩きつけられるように入水された足はすかさずグライドのセットポジションをとるように壁にタッチする。このとき、身体は1/4程捻られ、足はプール底と平行になるように横向きにセットされる。横向きのグライドセットポジションからすばやくグライドのためのドライブをおこない、身体は下向き姿勢に戻りながら stream lined position を形づくっていく。その後の浮き上がりおよびクロール泳への移行過程はノーマルターンと同じである。

このように、クロールのフリップターンの運動構造は、

(1) クロール泳から両手をかきぎりフリップター

ン開始前姿勢 (図2-①②③)

- (2) ドルフィンキックおよび手掌の下方へのプレスダウンとともに生じる前方および側方への身体回転 (④⑤)
- (3) 足のタッチおよびドライブのためのセットポジション (⑥)
- (4) ドライブおよびリリース後のグライド (⑦⑧)
- (5) 浮き上がりからのクロール泳 (⑨)

の各局面に分けられる。そして特に(2), (3), (4)をフリップターンの主要局面とみることができ

III 水泳ターンの技術評価法

前章で述べたようにターンの運動構造はかなり細かく区分される。しかし、実際のターン技術の分析にも役立ち、なおかつターン能力の評価にも応用できる技術評価法を作成するためには、客観性や信頼性があり、しかも測定が簡便に行えるようなターン技術評価のための区分を新たに設定する必要がある。

図1および2の各 phase はこのような観点から行なった水泳ターンの測定区分を示したものである。

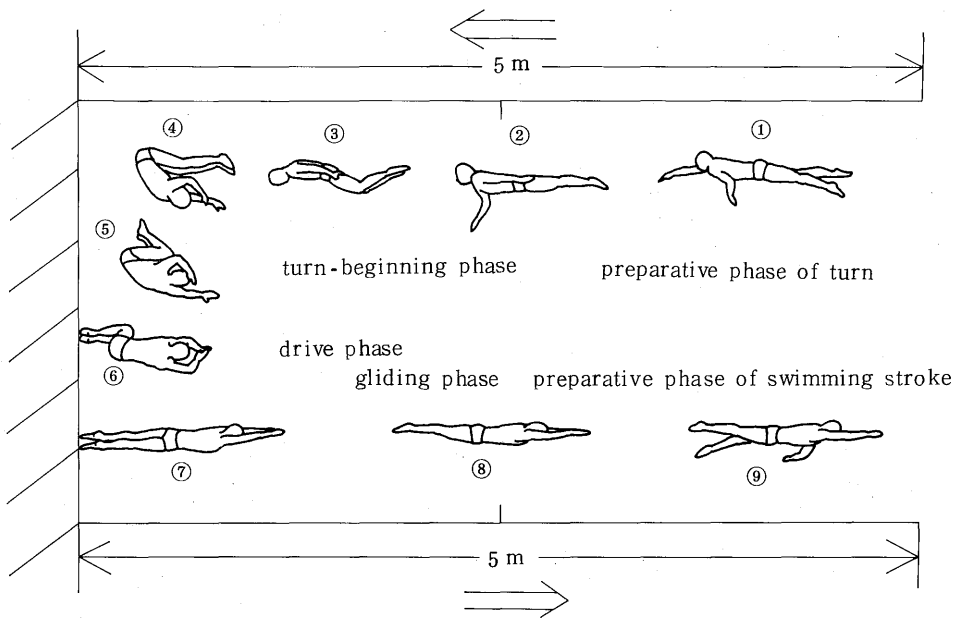


Fig. 2 Swimming turn phases in flip turn

1. ターン技術測定区分

(1) 10 m ターン 区間 (10m swimming turn phase)

プール壁から 5 m の地点よりターンをおこなって再び 5 m の同地点に戻るまでの 10 m を移動するのに要する時間で、これを 10 m total turn time という。5 m 地点を選んだ理由は、大部分のプールでは 5 m 標識やマークがあり、測定に便利であること、ターンを構成する技術はおよその前後 5 m に含まれることなどである。ただし、実際的なターン前 5 m からターン後 5 m を測定するためには、少なくともさらに前後 5 m の予備水泳距離区間を設けておく必要がある。

(2) ターン準備期 (preparative phase of turn)

ターン前 5 m からターン前 2.5 m までの区間で通常の水泳速度が得られると考えられる区間である。

(3) ターン開始期 (turn-beginning phase)

ターン前 2.5 m からタッチまでの区間で、フリップターンにおいては回転動作が含まれており、ノーマルターンではタッチポジションを含む区間である。

(4) ドライブ期 (drive phase)

タッチからリリースまでの区間でバタフライ、バック、平泳、クロールのノーマルターンでは手のタッチ、手のリリース、足のタッチ、足のリリースまでが含まれる。またフリップターンでは足のタッチから足のリリースまでの区間である。

(5) グライド期 (gliding phase)

足のリリースから 2.5 m までの区間で、グライドの初期であり、スタート時を除いては水泳中に最も速い速度が得られる区間である。

(6) ストローク開始期 (preparative phase of swimming stroke)

ターン後 2.5 m から 5 m までの区間で浮き上がりの技術や泳法移行への技術が含まれる。

2 ターン記録の測定

プール壁より 10 m の地点から泳ぎ始め、プール壁でターンを行い、再び 10 m 地点まで泳ぎ戻る。その間のターン前 5 m からターン後 5 m の 10 m 区間の時間をストップウォッチにより測定した。5 m および 2.5 m 地点通過時間は頭の先端が各地点を通過した時間を、水中窓から撮影したビデオテープを再生することによりストップウォッチを用いて計測した。また、ビデオテープのフレーム数を数えることによって細部の時間計測

Table 1 Means and Standard Deviations of Swimming Turn Phases in Normal Turn and Flip Turn

Phase Item	Normal Turn				Flip Turn			
	untrained		trained		untrained		trained	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
preparative phase of turn	2"29	0"39	1"39	0"18 ***	2"23	0"36	1"42	0"18 ***
turn-beginning phase	3"03	0"53	1"70	0"17 ***	3"87	0"79	2"10	0"24 ***
drive phase	1"38	0"28	1"15	0"12	0"88	0"77	0"39	0"06
gliding phase	0"84	0"34	0"49	0"11 *	0"92	0"45	0"44	0"13 **
preparative phase of swimming stroke	2"09	0"37	1"40	0"08 ***	2"58	0"69	1"59	0"13 ***
10m total turn time	9"66	1"50	6"14	0"48 ***	10"50	1"75	5"99	0"56 ***
2.5m (before touch) to 2.5m (after release)	5"22	0"85	3"33	0"32 ***	5"68	1"15	2"92	0"35 ***

* P < 0.02 ; ** P < 0.01 ; *** P < 0.001

を行った。

3 ターン記録測定結果

熟練者（大学水泳選手8名，水泳経験平均7.5年）および未熟練者（大学生27名，水泳専門練習経験ほとんどなし）のノーマルターンとフリップターンについて10m total turn time と各 phase ごとの平均および標準偏差を表1に示した。10m total turn time の平均および標準偏差は熟練者ではNT 6"14 (0"48)，FT 5"99 (0"50)，未熟練者ではNT 9"66 (1"50)，FT 10"50 (1"75)であり，いずれも熟練者の方がはるかに良い記録を示した。これはターンを含む10m間の水泳記録であり，このときの平均スピードを算出すると熟練者ではNT 1.63 m/s，FT 1.67 m/s，未熟練者ではNT 1.04 m/s，FT 0.97 m/sである。

各 phase ごとの熟練者と未熟練者を比較すると，drive phase を除きいずれも熟練者の方が記録が良く，統計的にも有意差が認められた。

4 NTとFTの比較

図3は10m total turn time と各 phase ごとの所要時間の平均を示したものである。これを見ると，ターン全体の時間がわかるだけでなく，それを構成する各ターン phase の絶対的な時間および全体の時間に対する各 phase の割合なども知ることができる。熟練者のFTとNTの間では，10m total turn time にはほとんど差はないが，

各局面の全体に占める割合にはかなりの相違がみられる。すなわち，NTではターン開始期とストローク開始期が短く，また，FTではドライブ期とグライド期が短いことがわかる。この傾向は未熟練者にもみられるが，とくに未熟練者のFTのターン開始期の所要時間が長く，これが未熟練者のFTにおける10m ターン時間を大きくしている原因の一つとなっている。FTとNTの平均値の比較では，FTの有利性がほとんど表われていない。そこで，各個人のFTおよびNTの10m total turn time がどのように分布しているかを示したものが図4である。図4には10m total turn time の他に2.5m からターン後2.5m までの実質ターンタイムも示してある。これによると，熟練者の実質ターンタイムでは明らかにFTが有利であることがわかり，さらに未熟練者の間には個人差の大きいことがわかる。

5 水泳ターン能力評価への応用

水泳ターンの技能はターン前5m からターン後5m までの所要時間（10m total turn time）を計測することによって知ることができる。さらに，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10m 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。各期ごとに計測された所要時間をもとに個人ごとの帯状カードを作成し（図5）それに基づ

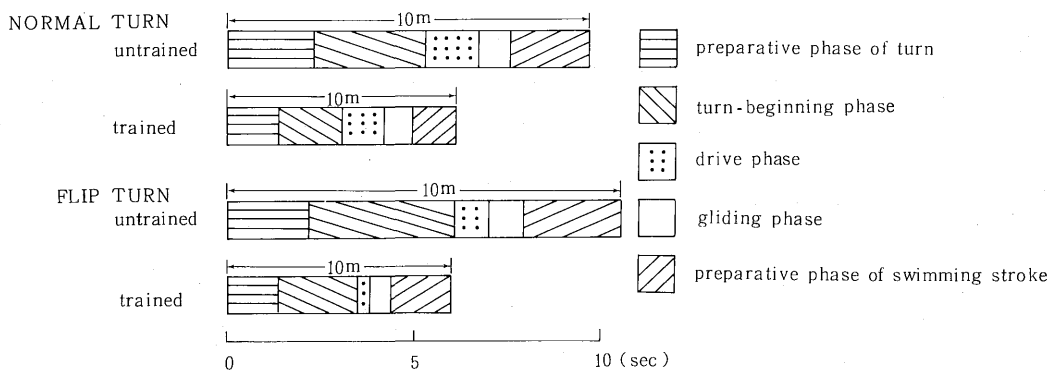


Fig. 3 Ratio of each swimming turn phase to elapsed time for 10m in normal turn and flip turn

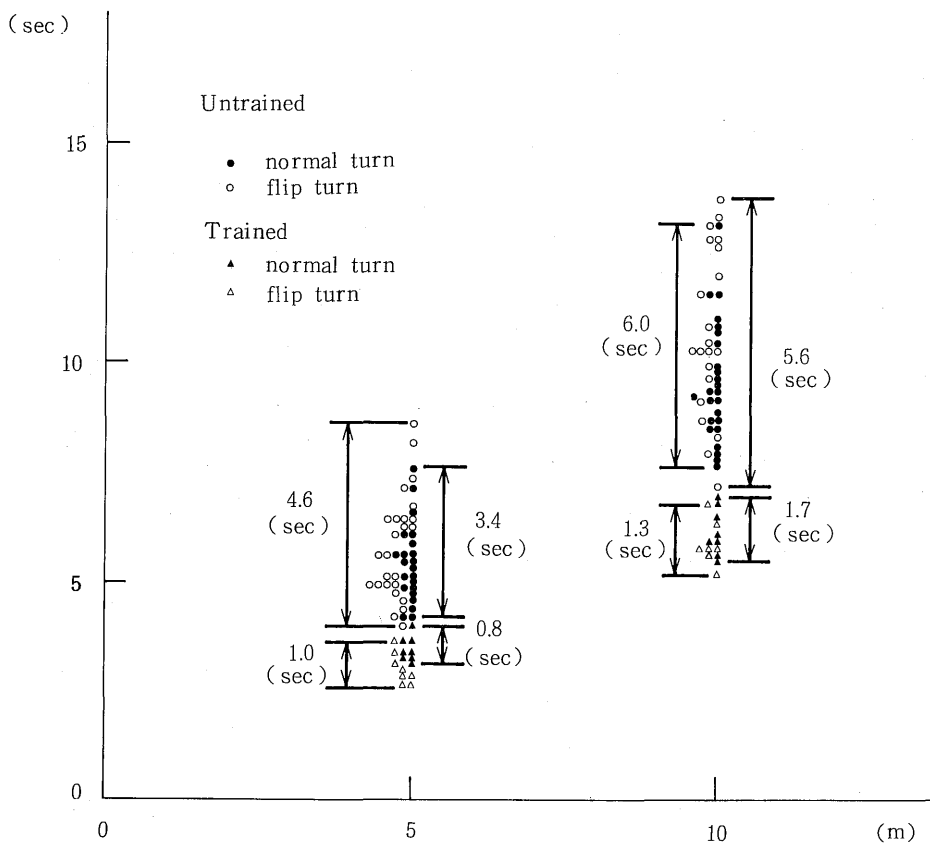


Fig. 4 Distribution of elapsed times for 5m and 10m

き次のような観点を考慮して評価を行う。

- (1) 10m ターン時間
- (2) 10m ターン時間と定常泳速度の比較
- (3) 各期ごとの所要時間比

上記の観点から図5に示した被験者について、ターン能力の評価を試みると、被験者22については全体的にターン能力が低く、特にターン準備期に時間がかかりすぎる。また、被験者27についても同様のことが言え、その改善のためにはストロークからのタッチポジション、ターン開始前ポジションへのスムーズな移行技術の習得が必要と思われる。被験者4および5についてはタッチからグライドにかけての時間が少し長い。効果的なドライブを行ない、stream lined positionの習熟を心懸けるようにすることが示唆される。被験者5および7については10m total turn timeではかなり優れているが、実質ターン動作にやや時間がかかりすぎる。したがって、フリップターン開始前動作から、すばやい回転と足のタッチが必要であり、さらに浮き上がりから水泳ストロークにいたるまでの減速を小さくしていけばさらに10m total turn timeは縮小されよう。

以上のように、本研究で試みたターン能力評価法を用いれば、泳者のターン能力をかなりの程度評価することができると考えられる。しかしながら、より詳細な分析をおこなうためには、さらに多くの資料を蓄積するとともに水泳ターンの運動学的研究も進めていかなければならないであろう。

IV 要約

- 1 水泳ターンは、力学的にみると、ターンをする泳者の運動量をプールの壁をけることにより逆方向に変換することであると考えられる。
- 2 水泳ターンの運動構造は、平常水泳ストロークからターン開始前動作、姿勢変換動作を経て、グライドのためのドライブ、グライド姿勢、浮き上がりおよび平常水泳ストロークまでの各局面に分けられる。
- 3 ターン前5mからターン後5mの10m間を10m水泳ターン区間ととらえ、さらに、ターン準備期、ターン開始期、ドライブ期、グライド期、水泳ストローク開始期というように区分し、その間の所要時間を測定することにより、水泳

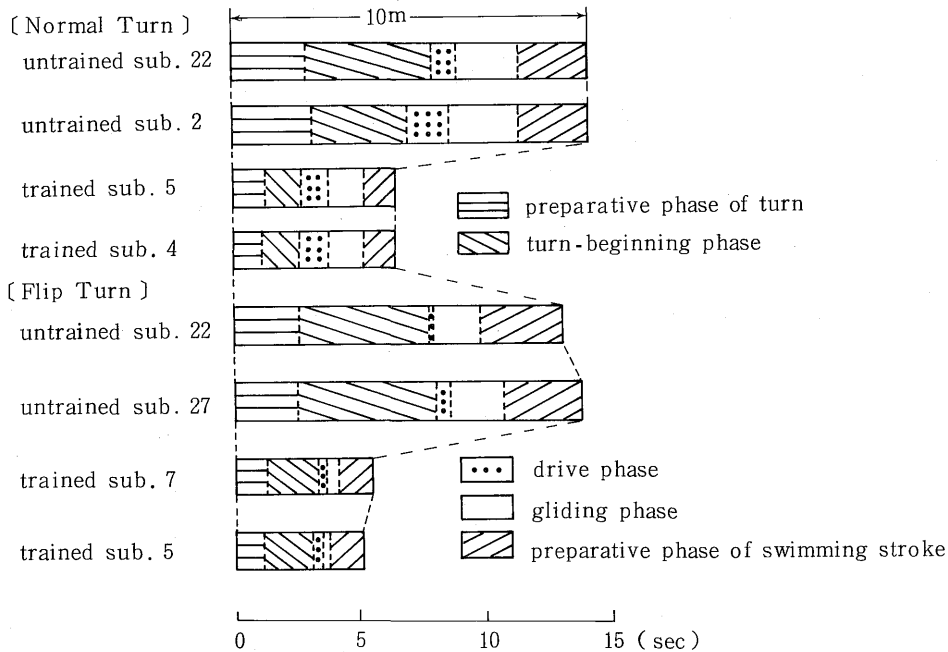


Fig. 5 Individual ratios of each swimming turn phase to elapsed time for 10m in normal turn and flip turn

ターン技能の構造を知り、また泳者のターン能力を評価することができる。

- 4 熟練者8名、未熟練者27名によるNTおよびFTの10m水泳ターン時間を測定した結果、熟練者ではNT、6"14(SD 0"48)、FT 5"99(SD 0"50)、未熟練者ではNT 9"66(SD 1"50)、FT 10"50(SD 1"75)であった。
- 5 熟練者と未熟練者の間にはドライブ期を除いていずれも各所要時間に有意差が見出された。
- 6 NTとFTの10m水泳ターン時間の比較では、未熟練者には、NTに早い傾向が見られ、熟練者にはわずかながらFTにおいて早い傾向がみられた。未熟練者のFTの遅れはターン開始前動作の遅れによるものであり、熟練者のNTの遅れはドライブ期とグライド期の遅れによるものである。
- 7 本研究で試みた水泳ターンを主に距離と時間により測定し、その能力を評価する方法は、比較的手軽に行え、練習や指導の場における実用的価値が高いと考えられる。

References

- 1) Fox, E. L., R. L. Barthels, and R. W. Bowers., Comparison of speed and energy expenditure for swimming turns. Res. Quart. 34 : 322-326, 1963.
- 2) King, W. H. Jr. A., time and motion study of competitive backstroke swimming turn. Doctor dissertation, Boston University, 1956.
- 3) Nicol, K., and F. Kruger, Impulse exerted in performing several kinds of swimming turns. Swimming III, pp. 222-232, University Park Press, Baltimore, 1979.
- 4) Scharf, R. J., and W. H. King., Time and motion analysis of competitive freestyle swimming turns. Res. Quart. 35 : 37-44, 1964.
- 5) Takahashi, G., A. Yoshida., S. Tsubakimoto., and M. Miyashta., The propulsive forces generated by the swimmer during a turning motion. Biomechanics and Medicine in Swimming, Amsterdam, 21-25 June, 1982.
- 6) Ward, T. A., A cinematographical comparison of two turns. Swimming technique XIII, pp. 4-6, 9, Spring 1976.